

МІНІСТЕРСТВО ОБОРОНИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ АВІАЦІЇ



Науково-практична конференція
Безпілотні авіаційні системи у
сучасній збройній боротьбі.
Технічні аспекти

Тези доповідей та виступів
28 травня 2026 року

м.Київ

**МІНІСТЕРСТВО ОБОРОНИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ АВІАЦІЇ**



**Науково-практична конференція
Безпілотні авіаційні системи у
сучасній збройній боротьбі.
Технічні аспекти**

Тези доповідей та виступів

28 травня 2026 року

Матеріали науково-практичної конференції “Безпілотні авіаційні системи у сучасній збройній боротьбі. Технічні аспекти”. Тези доповідей та виступів 28.05.2026 – К.: ДНДІА, 2026

У збірнику опубліковано тези доповідей та виступів учасників науково-практичної конференції “Безпілотні авіаційні системи у сучасній збройній боротьбі. Технічні аспекти”. Розглянуто пріоритетні завдання з практичної реалізації заходів експлуатації та подальшого розвитку безпілотних авіаційних систем, визначено пріоритетні напрями розвитку безпілотних авіаційних систем, удосконалення механізмів їх оперативного впровадження і масштабування у військах, а також вироблення комплексних підходів до підвищення ефективності їх застосування та забезпечення стійкості в умовах інтенсивної радіоелектронної протидії для стримування та відсічі збройної агресії рф проти України.

У роботі науково-практичної конференції прийняли участь представники від Державного науково-дослідного інституту авіації, Головного управління супроводження життєвого циклу озброєння та військової техніки, Центрального управління безпілотних сил Генерального штабу Збройних Сил України, Центрального науково-дослідного інституту Збройних Сил України, Центрального управління військової освіти і науки Генерального штабу Збройних Сил України, Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Головного управління державної авіації України, Центрального управління інноваційної діяльності Збройних Сил України, 430 окремого полку безпілотних систем, Національного університету оборони України, Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Національної академії Сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Житомирського військового інституту ім. С.П. Корольова, Військового інституту танкових військ Національного технічного університету “Харківського політехнічного інституту”, Української державної льотної академії, Командування сухопутних військ Збройних Сил України, Командування сил безпілотних систем Збройних Сил України, Командування Військово-Морських Сил Збройних Сил України, Командування десантно-штурмових військ Збройних Сил України, в/ч А5039, ФОП “Чернюк А.Т.”, АТ “АНТОНОВ”, ТОВ “Укрспецсистемс”, ТОВ “Тех Екс”, ТОВ “НВП “Атлон Авіа”, ТОВ “Файер Поінт”, ТОВ “Безпілотні технології”, ТОВ “AeroDrone”.

*Відповідальність за точність достовірність і зміст
поданих матеріалів несуть автори*



Вступне слово
начальника Державного науково-
дослідного інституту авіації
кандидата технічних наук
полковника ШОСТАКА
Владислава Григоровича

Шановні учасники!

Для нас велика честь бути серед людей, які формують майбутнє безпілотної авіації у теорії і практиці, у системі прийняття важливих управлінських рішень.

Безпілотна авіація України в умовах повномасштабного російського вторгнення стикається з викликами, що не мають аналогів у сучасній історії. Продовження виконання бойових та спеціальних завдань у жорстких умовах тотальної війни на виснаження потребує не тільки героїзму особового складу, але й безперерйного функціонування безпілотної авіації, як складної організаційно-технічної системи.

Тож метою нашого заходу є визначення пріоритетних напрямів розвитку безпілотних авіаційних систем, удосконалення механізмів їх оперативного впровадження і масштабування у військах, а також вироблення комплексних підходів до підвищення ефективності їх застосування та забезпечення стійкості в умовах інтенсивної радіоелектронної протидії та ведення сучасних бойових дій

ЗМІСТ

Прізвище та ініціали автора тез, назва тез	Стор.
Розділ I. КОНЦЕПТУАЛЬНІ ЗАСАДИ ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТА ЗАСОБІВ УРАЖЕННЯ ДО НИХ	10
Шостак В.Г., Стешенко П.М., Богославець С.О. Розвиток БпАС: від бойового досвіду до технічних рішень. Системні проблеми та шляхи їх розв’язання	11
Баландін М.В., Білокопитов Б.В., Горбач М.П. Концептуальні засади подальшого розвитку безпілотних авіаційних систем та засобів ураження до них	13
Берега П.Р., М’ячиков В.С. Атамась Р.О. Перспективи розвитку ударних безпілотних авіаційних систем	15
Волотівський П.Б., Мавренкова А.О., Щербак І.В. Окремі результати реалізації в рф стратегії науково-технологічного розвитку. Основні напрями розвитку (модернізації) існуючих типів БпЛА (БпАК) рф, технічні рішення та технології, що застосовуються	16
Гречаний М.П., Лазаренко Ю.О., Соннік О.Є., Жирна О.В. Загальні підходи щодо впровадження методів зберігання водню для підрозділів безпілотних систем	18
Жуйков В.В., Гурін О.О., Гурін А.П. Особливості розвитку та застосування безпілотних авіаційних систем у сучасних збройних конфліктах	20
Кольченко В.В., Бачурін С.М., Новак В.І., Вовчанівська Н.М. Загальні підходи щодо впровадження водневих технологій у підрозділах безпілотних систем Збройних Сил України	21
Кузьменко Р.В., Голубовська О.М., Рошко Є.М. Розвиток українських дронів-перехоплювачів, як технологічний прорив протиповітряної оборони	23
Лайське Є.В., Пантелєєва Н.М., Пісклов Є.В. Концептуальні засади і реалізація моделі інтеграції безпілотних авіаційних систем в систему бойового застосування пілотованих літальних апаратів	25
Ленівий О.Ю., Матала І.В. Концептуальні засади подальшого розвитку безпілотних авіаційних систем та засобів ураження до них	27
Лібрук-Ліпкевич С.Я., Івахів О.С., Міхін А.Ю. Перспективи розвитку безпілотних систем та їх застосування під час збройних конфліктів	28
Малюга В.Г., Мірзоєв В.С., Бачурін С.М., Веремейчук В.І., Волков В.П. Особливості конструкції безпілотного літального апарату “Герань-5” за результатами досліджень трофейних зразків	30
Музичак А.З., Бородавка В.А., Столярчук Ю.В. Безпілотні літальні апарати: сучасний стан та наступні виклики	32

Прізвище та ініціали автора тез, назва тез	Стор.
Пантелєєва Н.М., Лайське Є.В., Хуторна М.Е. Особливості дослідних випробувань моделі інтеграції “вертоліт–БпАК” у межах концепції MUM-T	34
Пасічник В.М., Луцевят О.І. Аналіз особливостей застосування ударних безпілотних літальних апаратів за досвідом російсько-української війни	36
Печененко О.М., Ярошенко Я.В., Блискун О.Є., Ярошенко А.С. Розподіл повітряних цілей між пілотованою та безпіотною авіацією під час виконання завдань з авіаційного прикриття в протиповітряній обороні	39
Пионтківський П. М., Лобода Р. І. Концептуальна роль безпілотних систем у мережево-центричних операціях	40
Скоробогатов М.С., Халан О.В. Концепція розвитку безпілотних авіаційних комплексів у системі об’єднаної вогневої підтримки загальновійськових підрозділів	42
Слюсаренко М.О., Попков С.Б. Аналіз існуючих та перспективних засобів розвідки, що можуть бути елементом системи виявлення комплексу групового активного захисту	43
Соломатін Д.О., Седляр А.А. Аналіз боєприпасів, що використовуються рф в ударних безпілотних літальних апаратах за досвідом російсько-української війни	45
Товстохатько Ю.М., Кравець О.А., Почапінський Д.Г., Іщук С.В. Загальні підходи щодо розроблення оперативно-тактичних вимог до ударних безпілотних літальних апаратів	46
Халан О.В., Скоробогатов М.С. Взаємодія підрозділів артилерії та безпілотних авіаційних комплексів в сучасних умовах ведення бойових дій	48
Розділ II. ТЕХНІЧНІ МОЖЛИВОСТІ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ СИСТЕМ, ЗА РІВНЕМ ВИКОНУВАНИХ ЗАВДАНЬ ТА ЗА ПРИЗНАЧЕННЯМ, НАПРЯМКИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ТА ДООБЛАДНАННЯ	50
Волотівський П.Б., Кібіткіна Н.С., Хвостіченко В.М. Підхід до формування типу безпілотних авіаційних комплексів для участі в повітряно-морській десантній операції	51
Вотяков О.О., Кручковський О.Л., Колпаков Д.Г., Мамайсур Р.М. Застосування технології Power-Over-Fiber, для збільшення тривалості дій безпілотних літальних апаратів	53
Єрилкін А.Г., Смик С.І. Вплив особливостей групового застосування БпАС на вимоги до їх бортових комплексів	54
Жежерун Ю.В., Походенко О.М., Місценко Р.В. Напрями модернізації та дообладнання безпілотних авіаційних систем Збройних Сил України	55

Прізвище та ініціали автора тез, назва тез	Стор.
Майданюк В.А., Гончаров В.В., Горобець В.В. Полювання на операторів БпЛА: нові підходи застосування FPV-дронів рф	57
Перемибіда Д.О., Перемибіда І.В. Перспективи інженерної оптимізації інноваційних конструктивних рішень під час створення і виробництва елементів безпілотних авіаційних систем	58
Склярів О.Г., Глушенко П.А., Гайдамашко Г.В. Аналіз застосування БпАК з волоконно-оптичним кабелем у складі груп протидії БпАК противника	59
Швиденко А.В., Нікіфоров Г.С., Канівець В.І., Делов О.В. Аналіз підходів до створення мішеней для імітації безпілотних літальних апаратів під час дослідження комплексів активного захисту броньованої техніки	61
Розділ III. ПЕРСПЕКТИВИ РЕАЛІЗАЦІЇ ЗАХОДІВ ЩОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНЖЕНЕРНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ДО НОВИХ ІННОВАЦІЙНИХ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ ПРИ СТВОРЕННІ І ВИРОБНИЦТВІ ЕЛЕМЕНТІВ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ СИСТЕМ	64
Кубарь С.В., Жевтюк О.А. Щодо підвищення важливості застосування оптико-електронних систем у складі безпілотних літальних апаратів	65
Onyshchenko V.A., Onyshchenko M.V. Innovative UAV modernization: implementation of steerable parachute systems to ensure secondary combat effectiveness of aerial platforms	66
Бондаренко Ю.Л., Іщенко І.А. Аналіз енергетичних режимів роботи БпЛА на основі TLOG-телеметрії	67
Горняков І.Д., Кривизюк Л.П., Оптимізація технічних можливостей безпілотних авіаційних систем відповідно до покладених завдань та напрямки їх модернізації	68
Задорожний І.С., Байцурак С.І., Рибачок Д.В., Шинкаренко О.М. Перспективи використання методики інтегрального оцінювання USE на базі АНР при випробуванні авіаційної техніки (БпЛА, літаків, гелікоптерів)	70
Сікірда Ю.В., Сироїжка І.О. Інтеграція процедур спільного прийняття рішень у процеси інженерної оптимізації технічного обслуговування БпЛА	72
Стешенко П.М., Богославець С.О., Кібіткіна Н.С. Деякі аспекти інноваційного розвитку безпілотних авіаційних систем (комплексів) Сил оборони України	74
Хрулев О.Е. Модель та програма EngPDrive для вибору оптимальних параметрів гвинтомоторної установки для високошвидкісного БпЛА	75

Прізвище та ініціали автора тез, назва тез	Стор.
Розділ IV. ВПРОВАДЖЕННЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЗВ'ЯЗКУ, НАВІГАЦІЇ І СПОСТЕРЕЖЕННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ПРИ ВИКОНАННІ ПОЛЬОТІВ БЕЗПІЛОТНИХ І ПІЛотованих ПОВІТРЯНИХ СУДЕН	78
Андреева Л.М. Алгоритм прогнозування втрати керування безпілотними літальними апаратами в умовах дії засобів радіоелектронної боротьби	79
Бершадська Т.В., Місценко Р.В., Колесник В.О., Д'яков О.Г., Паращенко Т.В. Застосування безпілотних літальних апаратів як повітряних ретрансляторів	81
Запорожець С.В., Колесник В.О., Ступка Б.А. Застосування навігаційних систем в умовах впливу активних радіоперешкод	82
Зверев О.О., Куровська Т.Ю. Особливості побудови бортових систем керування багатофункціональних безпілотних літальних апаратів в умовах інтенсивної радіоелектронної протидії	84
Іванишин М.І., Жук О.В. Впровадження цифрових технологій зв'язку, навігації і спостереження для підвищення безпеки в ході виконання польотів безпілотних і пілотованих повітряних суден	86
Літневський Ю.С., Лунькова Г.В., Філімонов С.М. Підвищення дальності, корисного навантаження та живучості безпілотних авіаційних систем у сучасній збройній боротьбі	87
Лунькова Г.В., Філімонов С.М., Літневський Ю.С. Системи аналізу даних з БпЛА з елементами штучного інтелекту	89
Мавренкова А.О., Матвійчук С.В. Ідентифікація безпілотних літальних апаратів малих розмірів на основі їх ефективної площі розсіювання з застосуванням нейронних мереж	91
Соловей В.А., Будзінська О.О. SAIC: нові онтологічно замкнені комунікації для управління безпілотними авіаційними системами	92
Філімонов С.М., Лунькова Г.В., Літневський Ю.С. Використання MESH-мереж для управління дронами	94
Чумаченко С.М., Самойленко О.В., Ядченко Д.М., Перескоков В.О., Невзгляденко Ю.О. Системний підхід до інтеграції інформаційного поля багатофункціональних систем БпЛА для обґрунтування застосування навігаційно-обчислювального комплексу при проведенні операцій з авіаційного пошуку і рятування в умовах ведення бойових дій	96
Щерба А.А., Мячиков В.С., Атамась Р.О. Застосування принципів SITAN для підвищення навігаційної стійкості БпЛА в умовах радіоелектронної протидії	98

Прізвище та ініціали автора тез, назва тез	Стор.
Розділ V. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЖИВУЧОСТІ БЕЗПЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ СИСТЕМ, ЇХ СТІЙКОСТІ ДО ЗОВНІШНІХ ДЕСТАБІЛІЗУЮЧИХ ВПЛИВІВ, СПЕЦІАЛЬНИХ ФАКТОРІВ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ, ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ІМПУЛЬСУ, А ТАКОЖ ДО ЗАСОБІВ ПРОТИДІЇ, ЩО ЗАСТОСОВУЮТЬ ТЕХНОЛОГІЇ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ	100
Герашенко М.М. Моделювання радіоелектронної перешкодової обстановки для оцінювання стійкості безпілотних авіаційних комплексів до впливу засобів РЕБ	101
Герашенко М.О. Моделювання зовнішніх факторів для оцінювання безпеки пристроїв ініціації ударних БпЛА в лабораторних умовах	102
Заєць Я.Г., Давіденко С.В., Чорняк І.І. Щодо вимог до складу і технічних характеристик оптичної навігаційної системи для безпілотних літальних апаратів	103
Ісакжанов Р.А. Основні напрями підвищення малопомітності безпілотних літальних апаратів	106
Майданюк В.А., Дерев'янка О.О., Вознюк В.В. Електромагнітна зброя: сучасний стан та перспективи розвитку	108
Міщенко М.О., Перій П.С. Тенденції розвитку безпілотних авіаційних систем у взаємодії зі штучним інтелектом	109
Олійник С.Д., Щерба А.А. Гібридна багатошарова Terrain-Aided навігаційна архітектура БпЛА в умовах радіоелектронної протидії	111
Пількевич І.А., Омельчук І.А. Показники маневреності ударних безпілотних літальних апаратів з фіксованим крилом як фактор забезпечення живучості	113
Сторожук С.М., Чуловський Є.В. Адаптивні системи управління групами БпЛА в умовах радіоелектронної протидії	115
Фриз С.П., Гордієнко Ю.О., Солопій І.А. Можливості щодо використання акустичної складової для підвищення живучості безпілотних авіаційних систем під час обстрілу	117
Розділ VI. СТАНДАРТИЗАЦІЯ, УНІФІКАЦІЯ ТА ІНТЕГРАЦІЯ БЕЗПЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ СИСТЕМ В УМОВАХ СЬОГОДЕННЯ	119
Chornogor N.O. Optimization of aircraft pre-flight inspection using UAVs with computer vision technology	120
Артюшин Л.М., Шабанов П.П. Комбінований метод багатокритеріального оцінювання проектів постачання планерувальних керованих авіаційних бомб	122

Прізвище та ініціали автора тез, назва тез	Стор.
Білокопитов Б.В., Баландін М.В., Горбач М.П. Стандартизація, уніфікація та інтеграція безпілотних авіаційних систем в умовах сьогодення	124
Гончаренко Є.В., Радько О.В., Купрій В.М., Степанов Г.С. Підходи нечіткої логіки для оцінки ризиків безпеки польотів безпілотних авіаційних комплексів	125
Касянчик О.В., Чечет О.С. Інноваційні підходи до інтеграції безпілотних авіаційних систем у системи оперативного моніторингу та інформаційно-аналітичного забезпечення сучасних безпекових і оборонних процесів	127
Качуровський Г.М., Ряполов І.Є. Гармонізація вітчизняної термінології щодо показника радіолокаційної помітності БпЛА з прийнятою в НАТО	129
Корнійчук С.В., Микитин В.Ф. Актуальність створення підрозділів безпілотних систем в підрозділах територіальної оборони	131
Лобода Р.І., Пількевич І.А. Термінологічні аспекти застосування ударних БпЛАК	133
Наусенко Б.Ю. Основні принципи створення універсальної безпілотної авіаційної платформи	135
Омельчук І.А., Пількевич І.А. Статистичні методи оцінювання результатів випробування безпілотних систем	136
Ринський І.М., Скиданенко В.В. Інтеграція безпілотних авіаційних систем частин і підрозділів сил територіальної оборони у єдиний цифровий контур управління повітряним простором	138
Розділ VII. ОБГОВОРЕННЯ ПРОБЛЕМНИХ ПИТАНЬ ЩО ВИНИКАЮТЬ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ БЕЗПЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ СИСТЕМ СИЛАМИ ОБОРОНИ УКРАЇНИ	140
Бернада Є.В. Аналіз проблемних питань, що виникають при застосуванні безпілотних авіаційних систем Силами оборони України, та визначання шляхів їх вирішення	141
Вишневецький О.Ф., Комар В.В., Скрипка С.О. Основні проблемні питання протидії БпЛА противника та можливі шляхи їх вирішення	142
Кудимов С.М., Мельничук О.М., Пономарьов І.Г. Проблемні питання застосування та супроводження військ безпілотними авіаційними системами: тактичний вимір, координація простору та іноземний досвід	144
Поляков А.Ю., Мавренкова А.О. Проблеми впровадження штучного інтелекту для потреб сил оборони України	146
Глушенко П.А., Челобітченко О.О., Полуянов В.І. Підходи до застосування легкомоторних літаків для боротьби з безпілотними літальними апаратами	149
Алфавітний покажчик авторів	151

РОЗДІЛ І

КОНЦЕПТУАЛЬНІ ЗАСАДИ ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ БЕЗПЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТА ЗАСОБІВ УРАЖЕННЯ ДО НИХ

В.Г.Шостак, П.М. Стешенко, С.О. Богославець

Державний науково-дослідний інститут авіації

РОЗВИТОК БПАС: ВІД БОЙОВОГО ДОСВІДУ ДО ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ. СИСТЕМНІ ПРОБЛЕМИ ТА ШЛЯХИ ЇХ РОЗВ'ЯЗАННЯ

Упродовж 2022 – 2026 років безпілотні авіаційні системи (далі – БпАС) сил оборони України перетворилися з окремого елемента підтримки дій військ на один із ключових інструментів ведення сучасної збройної боротьби. Застосування БпАС набуло системного характеру на різних рівнях управління військами – від тактичного до стратегічного та охоплює практично всі форми ведення і забезпечення бойових дій (повітряна розвідка, нанесення повітряних ударів, коригування вогню артилерії, ретрансляція зв'язку, радіоелектронна боротьба, електронна підтримка, перехоплення повітряних цілей, імітація повітряних цілей, транспортування вантажів, спільні дії з наземними та морськими безпілотними системами).

Стрімко зростає інтенсивність використання БпАС та відбувається розширення номенклатури зразків. Також відбувається суттєве скорочення циклу оновлення конструкторських, технологічних та інженерних інноваційних рішень. Якщо напочатку повномасштабної війни модернізація або модифікування БпАС вимагали місяців, то сьогодні цикл адаптації безпілотної авіаційної техніки до нових умов застосування становить тижні або іноді навіть дні. Це викликано швидким ускладненням умов бойового застосування БпАС внаслідок зміни противником тактик ведення бою, масового використання удосконалених засобів радіоелектронної боротьби, ешелонованої протиповітряної оборони, засобів радіотехнічної розвідки, нових типів перехоплювачів, способів захисту власних засобів повітряного нападу. Так, противником масштабується застосування БпАС типу “Shahed”, “Гербера”, “Молния”, а також реалізовано комплексний підхід до інтеграції безпілотних систем у єдиний контур розвідки та ураження. Інтерес становить робота підрозділу “Рубікон”, який фактично реалізує модель циклу “бойове застосування – аналіз – модернізація – повторне застосування”, що забезпечує противнику швидку адаптацію технічних рішень до умов бойових дій.

Водночас аналіз бойового застосування і технічної експлуатації вітчизняних БпАС у силах оборони України свідчить про наявність низки системних проблем, які певною мірою впливають на динаміку розвитку безпілотної авіаційної техніки. Так, потребує удосконалення процес формування технічних вимог до БпАС на основі реального бойового досвіду. У більшості випадків розроблення оновлень та змін до технічних вимог запізнюється і не встигає за розвитком загроз з боку противника, що призводить до певної повторюваності типових дефектів, відсутності уніфікації в технічних рішеннях та, внаслідок цього, до необхідності “ручної” адаптації зразків безпосередньо у військах.

Проблемним питанням залишається також відсутність стійкої комунікації між органами військового управління, безпосередніми експлуатантами, науковими установами, розробниками БпАС і програмних засобів та виробниками зразків. Значна кількість технічних проблем, виявлених під час бойового застосування і технічної експлуатації, не проходить цикл системного аналізу, узагальнення та формування змін до технічних вимог або до конструкторських рішень.

Прикладом такого системного підходу є реагування сил оборони України на масоване застосування противником керованих авіаційних бомб. Ця загроза потребує переходу від виключно пасивної моделі протидії до формування активного компоненту перехоплення засобів повітряного ураження. У цьому контексті опрацювання концепції безпілотного перехоплювача реактивного типу для протидії керованим авіаційним бомбам або їх носіям доцільно розглядати як один із напрямів науково-технічного супроводження розвитку БпАС, що забезпечує більш ефективне втілення бойового досвіду у конкретні технічні рішення та вимоги до перспективних зразків.

Окремо можна відзначити наявність проблем у понятійному апараті та нормативній базі у системі Міністерства оборони України та Генерального штабу Збройних Сил України. Відсутність уніфікованих підходів до визначення окремих нових понять, класифікаційних груп БпАС, рівнів автономності, способів управління безпіотною авіацією, організації технічного і науково-технічного супроводження життєвого циклу зразків створює складнощі під час розвитку безпіотної авіаційної техніки та уповільнює відповідні процеси.

Таким чином, результати проведеного аналізу свідчать, що ключовою проблемою розвитку БпАС у Збройних Силах України сьогодні є не відсутність окремих інноваційних рішень, а організаційні питання, а саме недостатній рівень організації системного науково-технічного супроводження життєвого циклу зразків. В умовах високої інтенсивності бойових дій та швидкої технологічної еволюції необхідно розвивати систему науково-технічного супроводження життєвого циклу БпАС. Це має забезпечити швидке і надійне перетворення бойового досвіду в інноваційні пропозиції, науково обґрунтовані технічні рішення, оперативне уточнення вимог, зниження фінансових ризиків, а також формування єдиної технічної політики розвитку БпАС у Збройних Силах України та у силах оборони України в цілому.

М.В. Баландін, Б.В. Білокопитов, М.П. Горбач

Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного

КОНЦЕПТУАЛЬНІ ЗАСАДИ ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТА ЗАСОБІВ УРАЖЕННЯ ДО НИХ

Сучасний етап трансформації засобів збройної боротьби характеризується переходом від епізодичного застосування безпілотних авіаційних систем (БпАС) до їх функціонування як базового елемента сучасного поля бою. Концептуальні засади подальшого розвитку БпАС та засобів ураження до них мають базуватися на принципах глибокої інтелектуалізації, автономності та спеціалізації компонентів у межах розвідувально-ударних комплексів. Першочерговим вектором еволюції безпілотних платформ є перехід від систем з дистанційним керуванням до високоавтономних комплексів, здатних виконувати завдання в умовах інтенсивної протидії засобів радіоелектронної боротьби та за відсутності сигналів глобальних навігаційних супутникових систем. Це досягається шляхом інтеграції в обчислювальну архітектуру борту алгоритмів машинного зору та штучного інтелекту, що забезпечує можливість автоматичного розпізнавання цілей, автономної навігації за орієнтирами місцевості та прийняття рішень щодо вибору оптимального профілю атаки. Подальший розвиток апаратних платформ передбачає впровадження технологій групового застосування, так званих «роїв», де інтелектуальна взаємодія між окремими одиницями дозволяє розподіляти ролі, здійснювати масоване відволікання засобів протиповітряної оборони та забезпечувати гарантоване ураження критично важливих об'єктів за рахунок скоординованих дій. При цьому розвиток конструкційних матеріалів та енергетичних установок має бути спрямований на збільшення корисного навантаження при одночасному зниженні радіолокаційної та акустичної помітності апаратів.

Паралельно з удосконаленням носіїв, стратегічного значення набуває розробка та впровадження спеціалізованих засобів ураження, що проектуються виключно для застосування з безпілотними авіаційними системами. Концептуальний підхід до створення таких боєприпасів передбачає відмову від адаптації наявних артилерійських чи авіаційних засобів на користь модульних конструкцій з оптимізованою аеродинамікою та ваговими характеристиками. Нове покоління засобів ураження має базуватися на принципі “розумного боєприпасу”, який володіє власною системою донаведення на кінцевій ділянці траєкторії. Це дозволяє реалізувати високу точність ураження навіть при використанні недорогих платформ-носіїв. Важливою складовою розвитку є уніфікація бойових частин, що дозволяє оперативно змінювати тип впливу - кумулятивний, термобаричний, осколково-фугасний чи мультиспектральний - залежно від

оперативного завдання та типу цілі. Впровадження цифрових протоколів ініціації та програмованих детонаторів забезпечує високий рівень безпеки експлуатації та можливість дистанційного налаштування параметрів підриву безпосередньо перед застосуванням.

Крім того, перспективним є розвиток засобів функціонального ураження, зокрема мікрохвильових та електромагнітних боєприпасів, здатних виводити з ладу електронні компоненти систем управління та зв'язку противника без значних руйнувань цивільної інфраструктури.

Ефективність подальшого розвитку БпАС та засобів ураження до них безпосередньо залежить від швидкості циклу «виявлення-ураження», що вимагає безшовної інтеграції безпілотних засобів у автоматизовані системи управління військами. Математичне моделювання бойового застосування підтверджує, що найбільший приріст ефективності досягається за рахунок скорочення часу на ідентифікацію цілі та прийняття рішення на відкриття вогню. У цьому контексті концепція розвитку має передбачати створення єдиного цифрового контуру, де інформація від розвідувальних дронів миттєво перетворюється на цілевказання для ударних засобів. Такий підхід дозволяє перетворити масові малорозмірні системи на інструмент стратегічного впливу, здатний забезпечити вогневу перевагу за рахунок точності та оперативності, а не масованості використання боєприпасів.

Таким чином, подальша еволюція безпілотних авіаційних систем та засобів ураження полягає у переході до інтелектуальних, автономних та інтегрованих систем, що здатні діяти як єдиний розвідувально-ударний організм, забезпечуючи домінування у багатодоменному бойовому просторі майбутнього та нівелюючи перевагу противника у традиційних видах озброєння. Визначення цих концептуальних засад створює науково-методологічну базу для розробки перспективних зразків озброєння та формування нових стратегій їх бойового застосування.

П.Р. Береза, В.С. М'ячиков, Р.О. Атамась

Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ УДАРНИХ БЕЗПЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Сучасні військові конфлікти продемонстрували корінну зміну характеру бойових дій, де ударні безпілотні авіаційні системи перетворилися з допоміжних засобів на один із головних інструментів ураження та розвідки. Традиційна авіація та класична артилерія дедалі частіше поступаються місцем високоточному безпілотному озброєнню. Висока економічна доцільність, де вартість дрона-камікадзе є неспівмірною з вартістю знищеної ним важкої техніки, запускає глобальну технологічну гонку. Дослідження перспектив розвитку ударних безпілотних авіаційних систем є критично важливим для розуміння майбутнього оборонних технологій та стратегій національної безпеки.

Головним вектором еволюції ударних безпілотників є впровадження штучного інтелекту та систем машинного зору. Сучасні засоби радіоелектронної боротьби ефективно блокують канали зв'язку з оператором та сигнали супутникової навігації. Через це перспективні ударні дрони переходять на повну автономність: дрон самостійно орієнтується за цифровими картами рельєфу, виявляє, класифікує та уражає цілі без участі людини на фінальному етапі польоту. Паралельно розвиваються ройові технології, які дозволяють десяткам безпілотників діяти як єдиний синхронізований організм для масованого подолання ешелонованої протиповітряної оборони.

Конструктивні рішення ударних авіаційних безпілотних систем також зазнають суттєвих змін. Спостерігається чіткий поділ на два напрями: максимальне здешевлення масових дронів-камікадзе тактичного радіусу та створення високотехнологічних стратегічних комплексів дальньої дії. Для першої категорії активно застосовують 3D-друк, дешеві композитні матеріали та модульні бойові частини (кумулятивні, осколкові, термобаричні), які оператор може змінювати безпосередньо перед вильотом. Для збільшення дальності та часу перебування в повітрі здійснюється перехід на завадозахищені антени, нестандартні частоти керування, а також впровадження гібридних та поршневих двигунів замість класичних літєвих акумуляторів.

Попри очевидні переваги, розвиток ударних безпілотних літальних апаратів стикається із серйозними викликами. Головним із них є стрімке вдосконалення систем протидії, включаючи лазерну зброю, кіберперехоплення та мобільні зенітно-гарматні комплекси. Крім того, масштабування виробництва гальмується глобальним дефіцитом мікрочипів та оптичних сенсорів. Окремим бар'єром залишається етична та юридична

дилема - делегування штучному інтелекту права самостійно приймати рішення на знищення об'єктів без верифікації людиною-оператором.

Перспективи розвитку ударних безпілотних авіаційних систем лежать у площині їхньої повної інтелектуалізації, автономності та стійкості до завад. Ударні безпілотні авіаційні системи майбутнього - це роботизований засіб, який здатний виконати бойове завдання в умовах абсолютної відсутності зв'язку та навігації. У сучасних технологічних перегонах стратегічну перевагу отримує та сторона, яка забезпечить максимально короткий цикл від інженерної розробки нової плати чи алгоритму до їхнього масового впровадження у конвеєрному виробництві.

П.Б.Волотівський, А.О.Мавренкова, І.В.Щербак

Державний науково-дослідний інститут авіації

ОКРЕМІ РЕЗУЛЬТАТИ РЕАЛІЗАЦІЇ В РФ СТРАТЕГІЇ НАУКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО РОЗВИТКУ. ОСНОВНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ (МОДЕРНІЗАЦІЇ) ІСНУЮЧИХ ТИПІВ БПЛА (БПАК) РФ, ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЇ, ЩО ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ

РФ здійснює постійний аналіз застосування безпіотної авіації у війні проти України з метою їх модернізації та розробки нових зразків, урахуються умови їхнього застосування, уточнюються завдання для них, проводиться оцінювання трофейних зразків українського виробництва та виробництва країн НАТО.

Уточнені задачі безпіотної авіації рф, аналіз ефективності застосування кожного конкретного безпілотного комплексу в бойових умовах, можливості сучасних технологій стали підставою в рф для ініціювання стратегій, програм та планів створення безпілотних авіаційних комплексів нового покоління, здатних забезпечити вирішення задач безпіотної авіації в умовах протидії інтегрованої системи ППО.

Для забезпечення технологічного суверенітету, досягнення технологічної переваги в галузі безпілотного озброєння над Збройними Силами України в рф розроблений та реалізується комплекс організаційних, правових й інших заходів. Фактично створена система забезпечення інноваційного розвитку та застосування безпіотної авіації, прискорення розвитку технологій в цій галузі. Ця система об'єднує в єдине ціле органи державного управління федерального та суб'єктів рф рівня, органи місцевого самоврядування, науково-освітні заклади та установи, підприємницькі

спільноти, промислові підприємства, інші організації, забезпечує цілісність та єдність науково-технологічного розвитку держави.

В ході дослідження розглянуті основні цілі впровадження нових та перспективних технологій в зразках, що найбільше застосовуються в бойових діях, а також і в перспективних зразках.

Показано, що особливість сучасних та перспективних безпілотних авіаційних систем полягає в тому, що їхній технічний рівень й ефективність визначаються не стільки властивостями планера та силової установки, а, в першу чергу, можливостями систем управління, зв'язку і цільових навантажень. Тобто технічний рівень та ефективність сучасних та перспективних безпілотних систем залежить від можливостей систем зв'язку, технологій сенсорики даних, високошвидкісних обчислень, штучного інтелекту та комунікацій.

РФ, за прикладом США, в ході підготовки до широмасштабної агресії проти України продовжує реалізовувати політику структурної перебудови економіки на базі наукоємних галузей. Суть такої політики полягає у використанні для створення принципово нових зразків зброї та військової техніки передових цивільних технологій. Залучання під масове виробництво озброєння елементної бази, комплектуючих вузлів, кінцевих зразків продукції цивільних галузей промисловості покликане різко розширити можливості і скоротити строки переведення економіки з мирного на воєнний стан, скоротити строки нарощування виробництва військової продукції.

Міністерство промисловості та Мінцифри рф разом з фондом перспективних інновацій створили механізм фінансової підтримки резидентів *Науково-практичних центрів для впровадження перспективних технологій*, грантової підтримки авансування проєктів цивільних розробників БпЛА для потреб Міністерства оборони рф.

Таким чином, в рф БпЛА визначені основним вектором впровадження передових технологій з метою підвищення ефективності їх застосування як на полі бою так і в глибині території України.

Значне підвищення ефективності результатів бойового застосування безпілотної авіації зс рф за 2025 рік та перші місяці 2026 року доцільно розглядати як результат діяльності складових елементів (підсистем) *створеної в рф системи забезпечення науково-технологічного розвитку*.

Розвиток агресором рф технологій ШІ для застосування у війні проти України становить загрозу обороноздатності держави та вимагає вжиття відповідних завчасних заходів протидії його намаганням отримати технологічні переваги над Силами оборони України.

М.П.Гречаний, Ю.О.Лазаренко, О.Є.Соннік, О.В.Жирна

Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки

ЗАГАЛЬНІ ПІДХОДИ ЩОДО ВПРОВАДЖЕННЯ МЕТОДІВ ЗБЕРІГАННЯ ВОДНЮ ДЛЯ ПІДРОЗДІЛІВ БЕЗПІЛОТНИХ СИСТЕМ

Сучасний енергетичний сектор характеризується інтенсивним пошуком ефективних методів декарбонізації (скорочення або повне виключення викидів вуглекислого газу CO₂ та інших парникових газів у процесі виробництва чи життєдіяльності) та переходом до відновлюваних джерел енергії (сонячна енергія, вітер, вода [гідроелектростанції], геотермальне тепло землі, біопаливо тощо). Перехід до них означає заміну класичних ТЕС та ТЕЦ на вітрові та сонячні парки. У цьому контексті водень розглядається як універсальний енергоносіє, здатний забезпечити стабільність енергосистем та екологічну трансформацію як в цивільній промисловості, так і у військовій сфері. Однак ефективне впровадження водневих технологій стримується проблемою безпечного та компактного зберігання водню.

Традиційні методи зберігання водню у стисненому (до 700 бар) або криогенному рідкому стані (при -253 °C) характеризуються високими енергетичними витратами на стиснення/охолодження, низькою об'ємною густиною енергії та специфічними ризиками експлуатації. Альтернативним і найбільш перспективним напрямом є використання твердотільних систем зберігання, де водень утримується у хімічно зв'язаному (гідриди) або фізично сорбованому стані.

Використання металогідридів, складних гідридів та наноконпозиційних матеріалів дозволяє досягти об'ємної щільності водню, що перевищує показники рідкого водню, при забезпеченні помірних робочих тисків і температур. Аналіз фізико-хімічних властивостей таких систем, їхньої термодинамічної стабільності та кінетики сорбції є необхідним етапом для створення ефективних водневих акумуляторів нового покоління.

Інформаційну базу аналізу складає комплекс фундаментальних наукових праць (в тому числі – вітчизняних інститутів НАН України), галузевих стратегій та прикладних досліджень. Застосування водневих технологій у підрозділах безпілотних систем (ПБС) Збройних Сил України дозволить значно підвищити автономність, скритність та ефективність роботизованих комплексів усіх типів (повітряних, наземних та водних).

Проведено аналіз інформації з відкритих джерел щодо водневих технологій, виконані експертизи та наукові дослідження за цим напрямком для безпілотних літальних апаратів (БпЛА), наземних роботизованих комплексів (НРК) та безекіпажних суден таких, як: НРК “Hermione” (Франція), “ZH2” (США), “Black Veil” (Південна Корея), безекіпажні судна “FSD” (Велика Британія), БпЛА “Raybird” та “Spectator-M1” (Україна), БпЛА “Doosan DS30W” та “Hogreen Air Hydrogen-Powered Drone” (Південна

Корея). Одним з важливих аспектів в цьому напрямку є методи твердотільного зберігання водню. З урахуванням специфіки бойового застосування роботизованих систем, пропонуються наступні загальні підходи щодо зберігання водню:

1. Впровадження змінних паливних картриджів на основі складних гідридів (аланатів, боргідридів) для розвідувальних та ударних БпЛА. Складні гідриди мають найвищу гравіметричну ємність (до 18% мас.), що є важливим для БпЛА. Це забезпечить збільшення тривалості польоту БпЛА у 3–5 разів порівняно з літій-іонними акумуляторами (збереження низької теплової, акустичної сигнатури).

2. Впровадження металогідридних систем для НРК та морських безпілотних систем. Для наземних платформ та морських дронів об'ємна щільність і безпека є важливішими за вагу. Інтегрувати металогідридні балони у конструкцію шасі логістичних та евакуаційних БпЛА, що забезпечить високу живучість системи (балон не вибухає при механічному пошкодженні, бо водень вивільняється поступово і лише при підведенні тепла). Для підводних дронів це забезпечує безшумність та відсутність необхідності спливати для поповнення кисню.

3. Впровадження недеструктивних композиційних матеріалів для бойових умов (бойова робота безпілотних систем супроводжується інтенсивними вібраціями, ударами та різкими змінами температур). Це дозволить запобігти подрібненню матеріалу всередині бака, що гарантує стабільну подачу водню навіть після тривалої експлуатації в умовах бездоріжжя або після перенесення ударних хвиль та значно подовжує ресурс роботизованого комплексу.

4. Впровадження мобільних компресорів на основі інтерметалідів. Для швидкої підготовки дронів до повторного вильоту необхідна ефективна заправка. Пропонується оснащення мобільних груп ПБС металогідридними термосорбційними компресорами. Це надасть можливість отримувати високий тиск водню для заправки без використання шумних механічних компресорів та електроенергії, що важливо для маскування позицій “пілотів”.

Крім цього, водень може транспортуватися у вигляді рідини у стандартних каністрах або автоцистернах. У польовому пункті заправки або на мобільній платформі встановлюється компактний реактор-дегідратор, який вивільняє водень для заправки дронів.

Такий підхід дозволить підрозділам безпілотних систем Збройних Сил України отримати технологічну перевагу за рахунок тривалого часу виконання завдань та скритності комплексів у акустичному та тепловому спектрах.

В.В.Жуйков, О.О.Гурін, А.П.Гурін

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба

ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ ТА ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ СИСТЕМ У СУЧАСНИХ ЗБРОЙНИХ КОНФЛІКТАХ

Повномасштабна російська агресія проти України стала каталізатором стрімкого розвитку безпілотних авіаційних систем (БАС) як одного з ключових елементів сучасної збройної боротьби. Досвід російсько-української війни продемонстрував, що безпілотні літальні апарати перестали бути допоміжним інструментом ведення бойових дій і перетворилися на важливий компонент розвідувальних, ударних, коригувальних та логістичних операцій.

У сучасних умовах БАС виконують широкий спектр завдань: аеророзвідка, спостереження за переміщенням противника, коригування артилерійського вогню, радіоелектронна розвідка, доставка боєприпасів, здійснення ударних операцій та інформаційна підтримка військових підрозділів. Особливої ефективності набули FPV-дрони, які завдяки порівняно низькій вартості та високій маневреності забезпечують ураження бронетехніки, фортифікаційних споруд і живої сили противника.

Технічний розвиток безпілотних систем у ході війни характеризується постійним вдосконаленням навігаційних модулів, систем передачі даних, автономності польоту та засобів захисту від радіоелектронної боротьби. Значна увага приділяється використанню інерційних систем навігації, цифрових каналів зв'язку та алгоритмів штучного інтелекту для стабілізації польоту й автоматичного розпізнавання цілей. Водночас російська агресія продемонструвала критичну залежність сучасних БАС від систем супутникової навігації та стійкого зв'язку, що робить їх вразливими до засобів радіоелектронного придушення.

Важливим технічним аспектом є адаптивність українських безпілотних систем до умов інтенсивної війни. Українські інженери постійно модернізують дрони відповідно до змін на полі бою: вдосконалюються системи зв'язку, антени, засоби маскування та нічного бачення. Значного розвитку також набули морські безпілотні платформи для ураження кораблів і стратегічних об'єктів противника.

Водночас актуальною залишається проблема протидії БАС. У сучасній війні активно застосовуються засоби радіоелектронної боротьби, системи виявлення та ураження дронів. Це стимулює розвиток автономного управління, захищених каналів зв'язку та технологій штучного інтелекту.

Таким чином, повномасштабна війна росії проти України засвідчила, що безпілотні авіаційні системи стали одним із визначальних факторів сучасної збройної боротьби. Їх технічний розвиток безпосередньо впливає на ефективність військових операцій, рівень втрат особового складу та здатність

держави адаптуватися до нових викликів війни високих технологій. Подальше вдосконалення БАС, інтеграція елементів штучного інтелекту та розвиток засобів протидії безпілотним системам залишатимуться пріоритетними напрямками військово-технічних досліджень України.

В.В.Кольченко, С.М.Бачурін, В.І.Новак, Н.М.Вовчанівська

Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки

ЗАГАЛЬНІ ПІДХОДИ ЩОДО ВПРОВАДЖЕННЯ ВОДНЕВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ПІДРОЗДІЛАХ БЕЗПІЛОТНИХ СИСТЕМ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

У сучасних умовах війни росії проти України безпілотні системи стали важливим фактором забезпечення успіху бойових дій (операцій). Ефективність підрозділів безпілотних систем (ПБС) значною мірою залежить від енергетичної автономності та скритності застосовуваних засобів. Традиційні літій-іонні акумулятори та двигуни внутрішнього згоряння мають певні обмеження щодо тривалості польоту та демаскуючих ознак. Тому, впровадження водневих технологій розглядається як альтернатива, що здатна забезпечити поліпшення показників дальності та тривалості польоту БпЛА, логістичну незалежність, прихованість дій підрозділів Збройних Сил України.

Для формування загальних підходів щодо впровадження водневих технологій у підрозділах безпілотних систем ЗС України, потрібно:

- провести аналіз переваг водневих паливних елементів (двигунів);
- визначити перспективні типи безпілотних систем для переходу на водень;

- визначити виклики, що стоять перед Силами оборони України.

Таким чином, до переваг водневих технологій можна віднести:

- високу автономність (забезпечення значно більшої дальності та тривалості польоту порівняно з літій-іонними акумуляторами);

- мінімальний акустичний шум та низький тепловий слід (порівняно з двигунами внутрішнього згоряння), що ускладнює виявлення комплексів противником;

- логістичну гнучкість (можливість генерації палива в польових умовах з води або повітря за допомогою мобільних електролізерів, що зменшує залежність від підвезення палива);

- екологічність (декарбонізація та зменшення впливу на навколишнє середовище).

З аналізу джерел відкритої інформації, досліджень в межах оперативних завдань та експертиз проєктів можна визначити перспективні типи безпілотних систем для переходу на водень:

– безпілотні літальні апарати (БПЛА) (розвідувальні, розвідувально-ударні, транспортні вантажні, БПЛА-носії дронів тощо). Успішною апробацією є розвідувально-ударний БПЛА “Raybird” (Україна), розвідувальний БПЛА “Spectator-M1” (Україна), БПЛА “Doosan DS30W” (Південна Корея) та “Hogreen Air” (Південна Корея). Окремий перспективний напрямок становлять важкі транспортні БПЛА та БПЛА-носії дронів, які потребують тривалого перебування у повітрі;

– наземні роботизовані комплекси (НРК) (логістичні, евакуаційні, інженерні, бойові, спеціальні): наприклад, НРК “Hermione” (Франція), НРК “ZH2” (США), НРК “Black Veil” (Південна Корея). Використання водню забезпечує безшумність під час доставки боєприпасів, збільшення тривалості виконання завдань охорони периметрів аеродромів та посадочних площадок.

Використання безпілотних вантажних платформ для підвезення боєприпасів (ракет, снарядів) від складів до літаків особливо актуально в умовах розосередження авіації, коли обслуговування техніки потребує мобільності та швидкості. НРК можна використовувати для патрулювання периметрів аеродромів. Це дозволяє зменшити ризик для особового складу та забезпечити цілодобове спостереження за допомогою тепловізорів та датчиків руху. Крім цього, після обстрілів аеродромів (площадок) крилатими ракетами чи дронами виникає потреба у швидкому очищенні злітно-посадкових смуг від нерозірваних суббоєприпасів. Для цього залучаються роботизовані комплекси розмінування, які дозволяють саперам безпечно працювати дистанційно. Перспективним напрямком може бути – протидія дронам противника. Розглядаються варіанти встановлення на мобільні наземні платформи засобів РЕБ або кулеметних (ракетних) модулів для перехоплення ворожих БПЛА на підльотах до об'єктів Повітряних Сил.

Широке впровадження водневих технологій у військовій сфері стикається з низкою викликів та обмежень, які потребують ретельного вирішення:

– висока вартість та обмежена доступність технологій та інфраструктури для виробництва, розподілу та зберігання водню. Ризики залежності від монопольних постачальників важливих матеріалів;

– безпека є однією з найважливіших проблем. Суміші водню та повітря можуть бути дуже вибухонебезпечними. Складні рішення для зберігання водню (адаптовані баки, твердотільні носії). Спеціалізовані навчання персоналу та розробка специфічних протоколів безпеки;

– забезпечення сумісності та взаємодії нових водневих технологій та систем з існуючими військовими стандартами, правилами та обладнанням;

– майбутнє водневих технологій у військовій сфері значною мірою залежить від безперервних досліджень та розробок (з підтримкою фінансування від держави), а також від партнерств та ініціатив.

Таким чином, впровадження водневих технологій у підрозділах безпілотних систем є важливим кроком до декарбонізації та технологічної незалежності Збройних Сил України. Для успішної реалізації цих підходів потрібна синергія між державою та приватними виробниками, локалізація вітчизняного виробництва важливих компонентів (паливних елементів, баків, програмного забезпечення) та створення чіткої нормативно-правової бази для сертифікації водневих виробів для військової сфери.

Р.В.Кузьменко, О.М.Голубовська, Є.М.Рошко

Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного

РОЗВИТОК УКРАЇНСЬКИХ ДРОНІВ-ПЕРЕХОПЛЮВАЧІВ, ЯК ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОРИВ ПРОТИПОВІТРЯНОЇ ОБОРОНИ

Розвиток українських дронів-перехоплювачів, або зенітних безпілотних літальних апаратів, став одним із ключових технологічних проривів у системі протиповітряної оборони України. Йдеться не лише про появу окремих зразків озброєння, а про формування нового напрямку оборонної індустрії, який фактично створив концепт “малої ППО”. Її головна перевага у здатності масово, мобільно та економічно ефективно протидіяти ворожим ударним і розвідувальним БпЛА.

Актуальність теми зумовлена зміною характеру повітряної загрози. Масоване застосування росією дронів типу “Шахед” створено потребу в дешевших і доступніших засобах перехоплення, завдяки використанню дефіцитних ракет західного зразка проти явно недорогих безпілотників є економічно не вигідним. За наявними оцінками, знищення одного “Шахеда” українським дроном-перехоплювачем може коштувати приблизно в 25 разів дешевше, ніж застосування класичної ракети ППО. Середня вартість українського інтерсептора стає близько 2100–3000 доларів США, що кардинально змінює економіку оборони від повітряних атак.

Практичні результати демонструють високу ефективність нового підходу. У реальних бойових умовах результативність застосування дронів-перехоплювачів перевищує 60–70 відсотків.

Окремі моделі, зокрема P1-Sun, від початку 2026 року самостійно ліквідували понад 3000 ворожих БпЛА типу “Шахед”. Водночас у 2026 р. Україна наростила виробничої потужності у вісім разів порівняно з попереднім періодом, а лише за перші чотири місяці року Сили оборони отримали вдвічі більше зенітних дронів, ніж за весь 2025 рік. Це свідчить про перехід від експериментальних рішень до масового серійного виробництва.

Технологічною основою сучасних українських перехоплювачів є поєднання швидкісної платформи, тепловізійного спостереження, автоматичного захоплення цілі та алгоритмів штучного інтелекту. Особливо складним етапом є так звана “остання миля” перед ураженням цілі.

Через велику швидкість зближення навіть мінімальну підтримку оператора можна призвести до промаху, тому автоматизація детекції та супроводу цілі стає критично важливою умовою успіху.

Важливою інновацією 2026 року стало впровадження технології віддаленого керування назначній відстані від лінії фронту. Прикладом є система Hornet Vision Control для дрона Sting, яка дає можливість операторам працювати з глибокого тилу. Такий підхід підвищує безпеку екіпажив, зменшує ризик втрат серед підготовлених фахівців і дозволяє ефективніше організувати бойове відвідування.

Окремого значення набуває стійкість дронів-перехоплювачів до засобів радіоелектронної боротьби. Нові моделі все частіше використовують інерційні системи навігації та візуальне орієнтування, що знижує залежність від GPS і робить їх менш вразливими до спуфінгу. Крім того, застосування легких бортових тепловізорів дозволяє ефективно діяти вночі, нівелюючи одну з головних переваг нічних атак “Шахедів”.

Український досвід уже має міжнародний вимір. У межах ініціативи Build with Ukraine розвиваються спільні проекти із західними партнерами. Велика Британія укладає ліцензійні угоди щодо серійного виробництва, а Німеччина співпрацює з українськими оборонними компаніями, зокрема TAF Industries, у напрямі створення протишахідних систем. Крім того, країни НАТО розглядають український досвід як основу для концепції “Європейської стіни дронів”, призначеної для захисту кордонів від масованих атак БпЛА.

Розвиток українських зенітних дронів змушує противника змінювати тактику. На російські розвідувальні БпЛА типу “Орлан” і Zala встановлюються системи попередження про наближення перехоплювача, які українські військові іронічно називають “ухилянтами”. Такі системи спонукають дрон протистояти протизенітні маневри, що, у свою чергу, вимагають від українських інженерів постійного вдосконалення алгоритмів штучного інтелекту та тактики перехоплення.

Організація роботи екіпажів зенітних БпЛА є складною координованою системою. Вона поєднує радіолокаційну розвідку, швидкісні мережі зв'язку, мобільні або стаціонарні розрахунки та оперативне прийняття рішення. Основне завдання виникає в тому, щоб остаточно побачити ворожий об'єкт, передати координати оператору та вивести перехоплювач у точку зустрічі за лічені хвилини.

Отже, українські дрони-перехоплювачі стали не допоміжним, а стратегічно кількістю елементів протиповітряної оборони. Вони забезпечили поєднання низької вартості, високої масштабованості, технологічної гнучкості та реальної бойової ефективності. Подальший розвиток цього

напрямку визначати здатність України нарощувати виробництво, удосконалювати штучний інтелект, підвищувати стійкість до РЕБ і поглиблювати співпрацю із союзниками.

Є.В.Лайське, Н.М.Пантелєєва, Є.В.Пісклов

Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки

КОНЦЕПТУАЛЬНІ ЗАСАДИ І РЕАЛІЗАЦІЯ МОДЕЛІ ІНТЕГРАЦІЇ БЕЗПЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ СИСТЕМ В СИСТЕМУ БОЙОВОГО ЗАСТОСУВАННЯ ПЛОТОВАНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Організаційно-технічна модель інтеграції пілотованих і безпілотних авіаційних платформ у межах єдиного інформаційно-управлінського контуру визначена в концепції MUM-T (Manned-Unmanned Teaming). Збройні сили США, Ізраїлю та Кореї напрацьовують власні варіанти її реалізації, інтегруючи БпЛА з пілотованими платформами, у тому числі з ударними вертольотами.

Концептуально така інтеграція передбачає включення в контур взаємодії “ПЛА-БпАК” проміжної ланки – інтегратора. В технічному аспекті інтегратор забезпечує інформаційний обмін, синхронізацію каналів зв’язку, оброблення та маршрутизацію даних, сумісність протоколів управління, а також підтримку прийняття рішень щодо спільного виконання бойового завдання. При цьому ПЛА виконує функцію авіаційної платформи, що передбачає мобільне розгортання бойового контуру, управління місією, координацію взаємодії з БпАК, застосування озброєння та реалізацію основного бойового маневру. Водночас залежно від типу безпілотний авіаційний комплекс може виконувати розвідувальні, ударні (ураження критичних наземних об’єктів і знищення повітряних цілей типу “Шахед”), ретрансляційні та протиповітряні функції залежно від сценарію бойового застосування, а також підвищення ситуаційної обізнаності для ПЛА.

Україна, набуваючи бойовий досвід в умовах повномасштабної агресії росії, розвиває власну модель інтеграції за концепцією MUM-T, інтегруючи ударні і розвідувальні БпЛА з пілотованими вертолітними платформами в єдиному інформаційно-управлінському контурі. Її особливістю є висока адаптація до актуальних бойових потреб і практична орієнтація на підвищення ефективності виконання бойових завдань в умовах ресурсних обмежень і високої інтенсивності бойових дій.

У цьому контексті для оцінювання ефективності такої інтеграції обов’язковим є проведення спеціальних випробувань, де пілотованими

авіаційними платформами можуть виступати, наприклад, серійні вертольоти, дообладнані адаптованим ударним безпілотним авіаційним комплексом турбореактивного типу, що призначений для ураження цілей в оперативнотактичній глибині противника.

Метою таких випробувань є оцінка відповідності умов та безпеки бойового застосування безпілотного авіаційного комплексу (БпАК), отримання матеріалів для внесення змін/доповнень до експлуатаційної документації серійних вертольотів, надання рекомендацій про можливість їх допуску до експлуатації в особливий період.

Програма випробувань БпАК включатиме перевірку можливості, безпеку та отримання параметрів за висотою і швидкістю польоту реалізації режиму повітряного старту БпЛА, що обумовлено специфічними аеродинамічними та динамічними умовами відокремлення від вертольота. Особлива увага буде сконцентрована на перевірці етапів запуску двигуна, відокремлення від носія, стабілізації та виходу на самостійний політ за маршрутом, що є визначальними для авіаційного застосування БпАК.

Спеціальні випробування (наземні і льотні) доцільно проводити на полігоні та в бойових умовах. Зокрема, за результатами полігонних випробувань необхідно визначити, що забезпечуються:

надійність і безпечність запуску турбореактивного двигуна БпЛА при виконанні польоту вертольота;

умови повітряного старту БпЛА з працюючим двигуном з вертольота, які забезпечують безпечний відхід під авіаційної платформи і створюють сприятливі умови для польоту БпЛА (рекомендований діапазон параметрів горизонтального польоту вертольота на момент скидання БпЛА);

стабілізація, розгін до заданої швидкості та перехід до керованого польоту за заданим маршрутом;

стійкість бортових систем до впливу засобів радіоелектронної боротьби.

За результатами випробувань в бойових умовах ключовим є підтвердження спроможності БпЛА ураження наземних цілей на значній дальності з високою точністю.

Вважаємо, що функціональність та ефективність інтегрованого комплексу “ПЛА-БпАК” доцільно перевірити в екстремальних природніх умовах (низьких і високих температур зовнішнього повітря, обмерзання та високогір’я). Поряд з цим врахувати потребу адаптації робочого місця бортового оператора БпЛА до роботи з різними конфігураціями бортового обладнання при вирішенні цільових задач.

Таким чином, позитивні результати випробувань дозволять підтвердити успішну інтеграцію безпілотних авіаційних систем в систему бойового застосування пілотованих літальних апаратів на апаратноконструкторському, програмному та інформаційному рівнях. Реалізація такої моделі інтеграції забезпечить виконання стратегічної цілі – виснаження ресурсного потенціалу і бойової спроможності противника.

Подальші теоретичні та експериментальні дослідження розвитку інтегрованого комплексу “ПЛА-БпАК” полягатимуть в удосконаленні забезпечення навігаційної взаємодії/узгодженості, автоматизації донаведення на ціль, захищеності від радіоелектронного впливу та кіберстійкості.

О.Ю.Ленівий, І.В. Матала

Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного

КОНЦЕПТУАЛЬНІ ЗАСАДИ ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТА ЗАСОБІВ УРАЖЕННЯ ДО НИХ

Сучасний стан глобальної безпеки характеризується стрімким зростанням ролі безпілотних авіаційних систем (далі – БпАС) у збройному протистоянні. Досвід актуальних конфліктів, зокрема на теренах України, свідчить про якісну трансформацію концептуальних підходів до застосування БпАС – від виконання суто розвідувальних завдань до нанесення точних ударів по стратегічно важливих об’єктах на значних відстанях від лінії зіткнення.

Концептуальні засади подальшого розвитку БпАС формуються під впливом декількох визначальних чинників. По-перше, зростаючий попит на автономність систем зумовлює необхідність інтеграції алгоритмів штучного інтелекту, здатних забезпечити прийняття рішень у реальному часі без участі оператора. По-друге, розвиток розвідувальних технологій відкриває якісно новий вимір застосування БпАС – координовані дії множини апаратів дозволяють подолати засоби протиповітряної оборони противника та завдати одночасного ураження розосередженим цілям. По-третє, вимоги до живучості в умовах насиченого зенітного вогню стимулюють розробку апаратів із мінімальними радіолокаційними та тепловими сигнатурами.

Засоби ураження для БпАС еволюціонують у напрямку мініатюризації та підвищення точності. Визначальною тенденцією є розробка малогабаритних керованих боеприпасів із комбінованими системами наведення на основі глобальних навігаційних супутникових систем та технічного зору. Паралельно набувають поширення баражуючі боеприпаси, здатні тривалий час перебувати у зоні пошуку цілі та уражати її у момент найбільшої вразливості. Окремим перспективним класом є засоби радіоелектронної боротьби, інтегровані безпосередньо у платформу БпАС.

Важливим концептуальним напрямком залишається інтеграція БпАС у єдиний розвідувально-ударний контур, де безпілотні апарати виконують

функції збору та передачі розвідувальних даних для вогневого ураження іншими засобами. Це передбачає стандартизацію протоколів обміну даними та розробку захищених каналів зв'язку з низькою затримкою.

В Україні є достатній науковий і промисловий потенціал для створення та серійного виробництва вітчизняних БпАС. Розробкою та виробництвом сучасних БпАС активно займаються вітчизняні науково-технічні організації, що набули відповідного досвіду їх створення та мають належні виробничі потужності, справа лише за державною підтримкою фінансуванням нових проєктів.

Водночас, концептуальний розвиток БпАС неможливий без відповідної нормативно-правової бази та системи підготовки операторів. Формування доктринальних документів щодо застосування БпАС у збройних конфліктах, розробка стандартів сертифікації та системи бойової підготовки операторів є необхідними складовими реалізації окреслених концептуальних підходів. Комплексне вирішення цих завдань визначатиме вектор розвитку безпілотної авіації в Збройних Силах України на найближче десятиліття.

С.Я.Лібрुक-Ліпкевич, О.С.Івахів, А.Ю.Міхін

Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТОКУ БЕЗПІЛОТНИХ СИСТЕМ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ ПІД ЧАС ЗБРОЙНИХ КОНФЛІКТІВ

Сучасна війна в Україні, яку розпочала російська федерація, показала наскільки необхідним є використання безпілотних авіаційних систем під час збройного конфлікту. Протягом останніх років війни в Україні ударні БпП стали ключовим інструментом в операція Збройних Сил України. Їх використання дозволило не тільки координувати артилерійські удари, але й здійснювати атаки на військові об'єкти та цілі противника. Це змінило тактику ведення бойових дій та планування військових операцій.

З аналізу останніх конфліктів таких як війни в Сирії, Іраку та Нагірному Карабаху, показали що безпілотні апарати з розвідувально-ударними та ударними функціями стали важливими та необхідними в ХХІ столітті. Збройні конфлікти демонструють велике значення та роль безпілотних систем у проведенні розвідувальних операцій, координації артилерійського вогню, виконанні завдань по важкодоступних цілях ворога.

У 1981 році на базі БпЛА Scout був розроблений безпілотний апарат Scout II, а в 1985 році - БпЛА Pioneer, які в цьому ж році пройшли перевірку в реальних бойових умовах під час війни в Лівані.

За результатами воєнних дій на території Лівану ізраїльські військові дійшли висновку щодо необхідності розробки безпілотного рятувального вертольоту та створення БпЛА тилової підтримки. Зазначені БпЛА будуть здатні доставляти боєприпаси та майно, які необхідні передовим частинам, евакуювати поранених з поля бою, вести спостереження за переміщенням противника та контролювати транспортні артерії.

Аналіз бойових дій Ізраїлю у 1982 році свідчить, що при вирішенні завдань розвідки дуже складно було вирішити питання забезпечення цілодобового спостереження за полем бою та об'єктами противника. Для цього необхідна була велика кількість БпЛА і відповідне розвідувальне обладнання, яке дозволяло вести розвідку в будь-який час доби і передавати інформацію на наземні пункти в реальному часі. Тому після 1982 року почалося удосконалення БпЛА. Зокрема, було збільшено тривалість та висоту польоту, збільшено масу та розширено можливості корисного навантаження, удосконалено наземні станції управління. Як результат до кінця 80-х років наземні станції управління польотом БпЛА були оснащені новою сучасною обчислювальною технікою, що дозволило скоротити склад бойового розрахунку з трьох до двох чоловік.

За результатами воєнних дій на території Лівану ізраїльські військові дійшли висновку щодо необхідності розробки безпілотного рятувального вертольоту та створення БпЛА тилової підтримки. Зазначені БпЛА доставляли боєприпаси та майно, які необхідні передовим частинам, евакуювали поранених з поля бою, вели спостереження за переміщенням противника та контролювали транспортні артерії. Досвід бойових дій ізраїльської армії показав, що в швидкоплинній обстановці бою БпЛА можуть ефективніше, ніж пілотовані літаки, вирішувати задачі ведення повітряної розвідки в інтересах всіх ланок управління – від командира роти, бригади до найвищого командування. БпЛА стали ключовим елементом в інформаційних війнах, який не тільки забезпечує командування інформацією з поля бою у реальному часі, а й здатен атакувати наземні та повітряні цілі.

Залишаючись тривалий час районом діючих та «тліючих» воєнних конфліктів, Близький Схід став своєрідним полігоном для випробування нового озброєння і воєнної техніки. Саме після першого досвіду використання безпілотних літальних апаратів (БпЛА) на Близькому Сході військові всього світу зрозуміли значення цієї техніки в бойових діях. Ізраїльська армія активно застосовувала БпЛА для стеження за лідерами та угрупованнями бойовиків терористичної організації ХАМАС.

У ЗС України БпЛА виконують широкий спектр завдань, зокрема: ведення повітряної розвідки, спостереження за противником, коригування артилерійського вогню, оцінка результатів ураження, моніторинг ситуації на полі бою, ураження об'єктів (цілей) противника, дистанційне мінування місцевості та задимлення, доставка вантажів різного призначення, виконання інших завдань щодо забезпечення бойових дій (бою), спеціальних операцій.

Сучасні БпЛА оснащуються великою кількістю сенсорів, які генерують значні обсяги інформації. До таких сенсорів належать оптико-електронні камери, тепловізори, радіолокаційні системи та інші датчики. Штучний інтелект дозволяє автоматизувати процес аналізу отриманих даних. Алгоритми машинного навчання можуть визначати важливі об'єкти на зображеннях, відокремлювати їх від фону та формувати аналітичні звіти для операторів. Застосування таких технологій значно зменшує навантаження на операторів БпС та дозволяє швидше приймати рішення під час виконання складних завдань.

Одним із перспективних напрямів розвитку БпС є використання технології рою (swarm technology). У таких системах велика кількість БпЛА працює як єдина координаційна система, виконуючи спільне завдання. Штучний інтелект забезпечує координацію дій між окремими БпЛА, розподіл завдань та оптимізацію маршрутів руху. Завдяки цьому рій БпЛА може виконувати складні завдання значно ефективніше, ніж окремі апарати.

Досвід бойових дій показав, що безпілотні системи стають головним фактором переваги на полі бою, в швидкоплинній обстановці бою, можуть ефективніше, ніж пілотовані літаки, вирішувати задачі вести повітряну розвідку в інтересах всіх ланок управління – від командира роти, бригади до найвищого командування та є ключовим елементом в інформаційних війнах, який не тільки забезпечує командування інформацією з поля бою у реальному часі, а й здатні атакувати наземні та повітряні цілі.

В.Г.Малюга, В.С.Мірзоєв, С.М.Бачурін, В.І.Веремейчук, В.П.Волков

Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки

ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКЦІЇ БЕЗПІЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ “ГЕРАНЬ-5” ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТРОФЕЙНИХ ЗРАЗКІВ

В умовах ведення Війни за Незалежність України ударні безпілотні літальні апарати (далі – БпЛА) стали одним із ключових інструментів при досягненні мети операцій (бойових дій), а їх масоване застосування суттєво впливає на ефективність ведення оборонних дій. Через ефективну протидію діям БпЛА з боку Сил оборони України, рф вживає заходів щодо їх вдосконалення та модернізації. Основними векторами розвитку БпЛА є збільшення швидкості, дальності застосування, маси бойових частин, автономності та маневреності. Особливе місце серед них посідають ударні БпЛА великої дальності дії, відомі у рф під назвою “Герань”. Поява та

масоване використання апаратів типу “Герань - 1, 2, 3” (адаптовані іранські БПЛА типу “Shahed - 131, 136, 238”) продемонстрували ефективність застосування дешевих високоточних засобів ураження для виснаження системи ППО та нанесення ударів по об’єктах військової та цивільної інфраструктури.

Аналіз останніх досліджень, які присвячені ударним БПЛА типу “Герань” свідчить про поступову локалізацію виробництва іранських технологій у рф та їх глибоку модернізацію. Якщо попередні моделі (“Герань - 1, 2, 3”) були достатньо вивчені, то поява реактивних модифікацій, таких як “Герань-5”, залишаються малодослідженими та потребують відповідного науково-технічного аналізу. Отже, незважаючи на високу увагу до даного питання, прогнозування можливих шляхів модернізації стратегічних ударних БПЛА повинно спиратися на результати досліджень реальних зразків, ґрунтуватись на технічному аналізі його компонентів та здійснюватися з метою розроблення рекомендації щодо ефективної протидії цим системам озброєння

В конструкції БПЛА “Герань-5” реалізовано сукупність технологічних інноваційних рішень, що підвищують його ефективність та живучість, а саме:

- турбореактивний двигун забезпечує значну перевагу у швидкості та висотності, роблячи БПЛА складнішою ціллю для перехоплення;

- використання у якості пускової платформи літаків тактичної авіації надає можливість розширити оперативний радіус дії та гнучкість застосування БПЛА “Герань-5”;

- поява можливості встановлення на корпус БПЛА ракет “повітря-повітря” (Р-73) або ПЗРК для протидії літакам (вертольотам) є новим кроком у розвитку баражуючих боєприпасів;

- 12-ти патчеві завадозахищені антени типу CRPA мінімізують вплив засобів радіоелектронної боротьби (РЕБ), забезпечуючи високу точність наведення БПЛА “Герань-5” на наземну ціль.

БПЛА типу “Герань-5” є продовженням розвитку лінійки дешевих ударних літальних апаратів великої дальності дії. Перехід на реактивну тягу, збільшення бойової частини та вдосконалення систем наведення роблять цей засіб значно небезпечнішим за його попередніх модифікацій. “Герань-5” підвищує спроможність рф наносити високоточні удари по критичній інфраструктурі та військових об’єктах в глибокому тилу, долаючи системи ППО та РЕБ.

Дизайн “Герань-5” демонструє відхід від іранської концепції “Shahed-136” і наближення до конструкції іранського БПЛА типу “Karrar-4”. Його виробництво здійснюється в рф на потужностях в особливій економічній зоні “Алабуга”, з використанням китайських турбореактивних двигунів. В БПЛА “Герань-5” поєднано конструктивні іранські концептуальні підходи, російські та доступні міжнародні технології.

Завдяки високій стелі та швидкості польоту БПЛА “Герань-5” може долати великі відстані поза зоною досяжності багатьох засобів ППО малого

радіусу дії. Можливість оперативного перепрограмування та використання 4G-модемів дозволяє коригувати маршрут у реальному часі, що підвищує гнучкість застосування та ускладнює прогнозування траєкторії польоту.

Застосування противником БпЛА “Герань-5” в повітряних ударах змушує переглядати структуру системи ППО, змінюючи акцент з мобільних вогневих груп на високовартісні засоби ураження повітряних цілей зенітних ракетних комплексів та систем.

А.З.Музичак, В.А.Бородавка, Ю.В.Столярчук

*Військовий інститут танкових військ Національного технічного університету
“Харківський політехнічний інститут”*

БЕЗПЛОТНІ ЛІТАЛЬНІ АПАРАТИ: СУЧАСНИЙ СТАН ТА НАСТУПНІ ВИКЛИКИ

Російсько-українська війна починалася за шаблонами другої світової війни, що ґрунтувалися на раптовому, швидкому та глибокому прориві оборони противника танковими з’єднаннями за підтримки авіації. Проте довгі колони техніки виявилися вразливими супроти сучасних засобів розвідки та нових високоточних засобів озброєння. А з подальшим стрімким розвитком та масштабуванням безпілотних літальних технологій шаблони другої світової війни остаточно втратили свою актуальність. Таким чином від “війни машин”, як назвали другу світову війну, ми перейшли до війни технологій, ключову роль серед яких відіграють безпілотні літальні апарати (БпЛА) різного типу.

Сучасний стан безпілотних літальних технологій можна охарактеризувати як поступове завершення етапу масштабування та перехід до зрілого ринку. Так у 2024 р. ринок БпЛА виріс більш ніж на 600%, а у 2025 р. – лише на 137%. А техносистема безпілотних літальних апаратів охоплює багато сфер, зокрема розвідувальні апарати, важкі бомбери, FPV-дрони, ударні дрони середньої (middle strike) та значної (deep strike) дальності, зенітні дрони.

Зауважимо, що зрілість технологій не тотожно застою. У технологічній війні швидкість розроблення та впровадження інновацій є критичною для утримання хиткої якісної переваги на полі бою. Тому в найближчому майбутньому слід очікувати подальших змін у безпілотних технологіях:

плавний перехід від груп ударних БпЛА до роїв,
масове впровадження технологій штучного інтелекту в безпілотні літальні апарати практично усіх типів.

Тактику масованих ударів углиб території України першою почала застосовувати країна-агресор, зокрема й по цивільному сектору. Пізніше цю ж тактику одночасного запуску великої кількості ударних БпЛА перейняла й Україна з метою руйнування військових об'єктів та нафтопереробної галузі агресора. Основна ставка тут робиться на перевантаження протиповітряної оборони противника завдяки чому вцілілі апарати таки знищують ціль.

Проте поступово засоби оборони вдосконалюються, через що ефективність масованих групових атак знижується. Тому фахівці з обох сторін постійно працюють над вдосконаленням тактичних прийомів, що однак дає ефект лише на короткий період часу. Разом з тим є розуміння, що кардинально змінити ситуацію може перехід від великих груп БпЛА до роїв.

Ідея ройового управління прийшла у військову сферу напряму з біології. Зграя птахів, косяк риб, рій бджіл чи колонія мурах демонструють рівень координації, недоступний жодним жорстко детермінованим штучним системам, хоча по суті кожен індивід виконує лише кілька нескладних правил: утримувати дистанцію, рухатися в напрямку сусідів, ухилятися від перешкод. Завдяки дотримання цих правил усіма індивідами народжується складне колективне управління.

Спроби перенести цей принцип на безпілотні літальні апарати почались ще на початку 2000-их років. Проте лише у 2017 р. ця технологія зацікавила військових і агентство передових оборонних дослідницьких проєктів США DARPA оголосило старт проєкту OffSet (Offensive Swarm-Enabled Tactics). Метою проєкту було розроблення та тестування технологій для одночасного керування великими групами безпілотників (до 250 літальних апаратів та наземних роботів). Цей проєкт тривав до кінця 2021 року та вважається успішним, хоча рої досі не вийшли за межі лабораторій. Зокрема, у проєкті було відпрацьовано цікаву схему спільного виконання завдання реальними дронами та “віртуальними” (цифровими двійниками в симуляції), що дозволяло штучному інтелекту прораховувати мільйони сценаріїв по ходу виконання місії.

Активно ройові технології розвивають також в багатьох інших країнах, зокрема у Китаї. В 2022 році Чжецзянський університет відзвітував про рій із 10 дронів, який автономно пролетів через густий бамбуковий ліс без карти, сигналів геопозиціонування та втручання людини. В процесі польоту рій постійно перебудовувався, щоб не стикатися зі стовбурами бамбуку.

Можна стверджувати, що відсутність у 2026 р. великих роїв БпЛА на полі бою пов'язане не стільки з недосконалістю ройових технологій, скільки із відсутністю автономії у кожного окремого БпЛА (зауважимо, що кожен індивід біологічного рою поза його межами може діяти повністю самостійно).

На сьогоднішній день елементи автономії окремого БпЛА (як типу крило так і дронавого типу) активно тестуються та показують результати на полі бою. Поширення набувають режими круїз-контролю (дозволяє

проходити смуги активної дії РЕБ) та донаведення (знищення цілі в автономному режимі після її фіксації оператором).

Вдосконалення та масштабування застосувань цих двох функцій за короткий період з високою ймовірністю приведуть до появи повністю автономних БпЛА, здатних самостійно виконати усі етапи місії: долетіти до точки призначення, знайти ціль та знищити її. Автономія БпЛА вже сама по собі значно трансформує поле бою. Проте, як це було показано вище, за автономією окремого дрона практично відразу придуть ройові технології.

Швидкість реакції штучного інтелекту перевищує швидкість реакції біологічного мозку людини. Це означає, що на полі бою людина ще більше поступиться своїм місцем технологіям, як у наступальних діях так і в обороні. На прикладі зенітних дронів, функції людини полягатимуть в технічній підготовці та віддачі загальної команди на запуск, тоді як безпосереднє керування польотом буде передано штучному інтелекту для підвищення ефективності боротьби з ударними БпЛА.

Як висновок, можна стверджувати, що в найближчі у функціях людей залишиться лише загальне управління, тоді як активним та безпосереднім учасником поля бою стане штучний інтелект.

Н.М. Пантелєєва, Є.В. Лайське, М.Е. Хуторна

Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки

ОСОБЛИВОСТІ ДОСЛІДНИХ ВИПРОБУВАНЬ МОДЕЛІ ІНТЕГРАЦІЇ “ВЕРТОЛІТ–БпЛАК” У МЕЖАХ КОНЦЕПЦІЇ МUM-T

Повномасштабна агресія росії проти України характеризується високою технологічністю, динамічністю та швидкою адаптацією способів ведення бойових дій. Підтвердженням цього, поряд з іншим, може слугувати розвиток багатоплатформних моделей бойового застосування, що передбачають координацію дій різнорідних засобів у межах єдиного інформаційно-управлінського контуру. Зокрема, на початку 2026 р. російські війська переорієнтували БпЛА “Гербера”, які переважно використовувались як дешеві хибні цілі, на доставку і скидання FPV-дронів із боєприпасами з метою збільшення радіусу їх дії. У свою чергу, за даними платформи “Military”, українські БпЛА-перехоплювачі P1-SUN (швидкість до 310 км/год, висота польоту до 9000 м, радіус дії 33 км від точки запуску) продемонстрували здатність ефективно виявляти та знищувати такі цілі. Зазначена трансформація свідчить про перехід до більш складних моделей комбінованого застосування безпілотних платформ, вказує на

перспективність розвитку інтегрованих моделей протидії повітряним загрозам.

Подальшим етапом розвитку подібних підходів є концепція MUM-T (Manned-Unmanned Teaming), що передбачає інтеграцію пілотованих і безпілотних платформ у межах єдиного бойового контуру з розподілом функцій між ними. У межах цієї концепції за сценаріями бойового застосування безпілотні авіаційні комплекси (БпАК) можуть виконувати розвідку й дорозвідку цілей, цілевказання та коригування ударів, завдання SEAD/DEAD, протидію безпілотним загрозам, захист критичної інфраструктури, а також підвищувати ситуаційну обізнаність. Водночас пілотовані платформи забезпечують управління місією, координацію та реалізацію основного бойового потенціалу. Залежно від ступеня функціональної взаємодії доцільно виокремлювати кілька рівнів інтеграції: інформаційний (обмін розвідувальними та телеметричними даними), функціональний (розподіл бойових завдань між платформами), координаційний (спільне планування та адаптація місії), а також інтегрований бойовий рівень, що передбачає реалізацію єдиного циклу виконання бойового завдання – від виявлення об'єкта противника (цілі) до оцінювання результату його ураження.

Таким чином, актуалізується завдання розроблення методичного апарату випробувань і оцінювання ефективності моделей інтеграції “ПЛА–БпАК” залежно від сценарію бойового застосування.

Так з метою ураження ударних БпЛА типу “Шахед” у повітрі Силам оборони України вже застосовують дрони-перехоплювачі з авіаційним пуском з літаків. Наступним етапом розвитку цієї концепції має стати інтеграція БпАК і на інших авіаційних платформах, зокрема вертольотах. Для її реалізації доцільно залучити вертольоти типу Ми-8 і БпАК, що використовуються та довели свою бойову ефективність.

Метою інтеграції БпАК до складу вертолітної платформи (модель інтеграції “вертоліт–БпАК”) є розширення функціональних можливостей останніх шляхом винесення зони перехоплення повітряних цілей за межі безпосереднього їх застосування, підвищення мобільності бойового застосування та зниження ризику для екіпажу. Це дозволить значно підвищити мобільність, гнучкість реагування та можливість оперативного перехоплення цілей на малих і середніх висотах.

У рамках інтеграції до складу БпАК входить ударний дрон-перехоплювач з системою FPV. Виконання бойового завдання безпілотного літального апарату (БпЛА) включає: старт з вертольота, політ до цілі у ручному режимі, автоматичне донаведення на повітряну ціль з наступним ураженням цілі – шляхом кінетичного удару, самоліквідації в момент зіткнення або в момент ініціації самоліквідації оператором (принцип “камікадзе”). Тип ураження цілі уточнюється перед кожним бойовим застосуванням.

У програмі дослідних випробувань доцільно передбачити проведення наземних і льотних випробувань, основною метою яких є оцінка безпеки відділення БпЛА від вертолітної платформи, якості функціонування БпЛА (стійкості та керованості) в польоті після відділення, відповідності тактико-технічним характеристикам (у т.ч. точності наведення на повітряну ціль), а також стійкості каналів зв'язку та передачі відеосигналу, часу підготовки до застосування та часу циклу “виявлення–ураження”, впливу інтеграції на льотно-технічні характеристики вертольота. Таке оцінюванню передбачається в різних умовах застосування: швидкість і висота польоту носія, метеоумови, доба застосування, рівень зовнішніх перешкод та характеристики повітряної цілі.

При проведенні випробувань важливою є методика оцінювання їх результатів, яка включає систему показників і розрахункових рівнянь, насамперед, показники безпеки інтеграції, поведінки та функціонування БпЛА на основних етапах (повітряний старт, пошук та ураження цілі), бойової ефективності, ефективності інтеграції “вертоліт–БпЛА”, експлуатаційної придатності. Поряд з експериментальними і статистичними методами доцільно використати імітаційне моделювання, метод Монте-Карло для оцінювання стійкості результатів до варіацій зовнішніх умов і параметричних невизначеностей, багатокритеріальне оцінювання та статистичну обробку результатів випробувань.

Отже, результати дослідних випробувань дозволять підтвердити технічну можливість і доцільність інтеграції БпЛА до складу вертольотів типу Ми-8 і визначити обмеження бойового застосування. Реалізація проєкту дозволить створити ешелоновану систему протидії дронам із швидким розгортанням у загрозливих районах та розширенням зони повітряного патрулювання.

В.М.Пасічник, О.І.Луцевят

Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України

АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ УДАРНИХ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ЗА ДОСВІДОМ РОСІЙСЬКО-УКРАЇНСЬКОЇ ВІЙНИ

До основних особливостей застосування ударних БпЛА, що ускладнюють організацію захисту зразків ОВТ і які потрібно враховувати, на нашу думку, належать:

можливість здійснення польоту на гранично малих висотах на фоні складно пересіченого рельєфу місцевості, що негативно впливає на своєчасність їх виявлення та ураження;

можливість здійснення польоту із зависанням (для мультироторних БпЛА), що зумовлює необхідність застосування для їх виявлення радіолокаційних засобів з різними методами оброблення радіолокаційних сигналів;

можливість швидкого змінювання траєкторії польоту як за напрямком, так і висотою, що підвищує вимоги до програмного забезпечення засобів активного захисту та зумовлює необхідність організації прикриття об'єкта “вкругову”;

можливість завдання ударів по настільній або пікірувальній траєкторії (незалежно від типу систем наведення і бойових частин, які застосовуються), що зумовлює необхідність створення захисту з усіх ракурсів як у горизонтальній проекції, так і у верхній напівсфері;

можливість здійснення автоматичного польоту без втручання оператора з використанням штучного інтелекту та машинного зору, що забезпечує завдання точного удару навіть в умовах відсутності візуального зображення цілі та значно обмежує ефективність протидії з використанням засобів радіоелектронного подавлення та димів;

можливість застосування у складі цільового навантаження авіаційних ракет класу “повітря-поверхня”, гармат та пострілів ручних гранатометів, що значно підвищує вимоги до дальності засобів ураження (перехоплення) носіїв цієї зброї та зумовлює необхідність їх знищення до рубежів пуску (відкриття вогню);

можливість зльоту з непідготовлених площадок, зокрема із режиму очікування на землі поблизу місць розташування об'єктів ураження, що забезпечує раптовість завдання удару, значно скорочує час перебування цілі в межах зони ураження (перехоплення), підвищує вимоги до часу реакції засобів активного захисту та зумовлює необхідність зосередження їх вогню по одній цілі;

можливість завдання групових ударів (у складі 2–3 апаратів), що значно підвищує вимоги до роздільної здатності засобів виявлення, зумовлює необхідність збільшення кількості засобів активного захисту, їх боекомплекту та кратності перекриття їх зон ураження (перехоплення);

можливість завдання групового удару з короткими дистанціями між БпЛА (або одночасно), що практично унеможливує можливість послідовного обстрілу цілей одним засобом активного захисту, своєчасного перенесення ним вогню на іншу ціль та зумовлює необхідність зосередження вогню по груповій цілі декількох засобів активного захисту.

Основними характеристиками ударних БпЛА, які ускладнюють організацію захисту зразків ОВТ і які потрібно враховувати, як ми вважаємо, є:

незначні габарити та переважне використання в конструкції БпЛА композитних матеріалів, що значно ускладнює їх виявлення, ідентифікацію та ураження;

достатньо висока захищеність елементів систем наведення та управління БпЛА від впливу засобів радіоелектронного подавлення;

побудова програмного забезпечення БпЛА з використанням елементів штучного інтелекту (зокрема ройового) та технічного зору, що забезпечує автоматичний розподіл (перерозподіл) БпЛА по об'єктах удару під час польоту.

Водночас, зазначені ударні БпЛА мають низку характеристик, які сприяють організації захисту зразків ОВТ від їхніх ударів. На нашу думку, до основних з них належать:

низка демаскувальних ознак, які надають можливість виявити та ідентифікувати БпЛА у повітряному просторі серед інших об'єктів. Це типові габаритні розміри та бортове обладнання, які визначають характерну сигнатуру та рівень випромінювання в радіолокаційному, радіочастотному, інфрачервоному, видимому та акустичному діапазонах;

достатньо стабільні та прогнозовані траєкторії польоту БпЛА разового та багаторазового застосування на кінцевих етапах польоту. Для БпЛА разового застосування – це прямолінійний рух, зумовлений переважним застосуванням у складі цільового навантаження БпЛА бойових частин (або боєприпасів) кумулятивного типу, які максимально реалізують свої пробивні спроможності (вражаючий ефект) тільки при певних кутах зустрічі з корпусом цілі. Для БпЛА багаторазового застосування (зі скидами) – це вихід на ціль за характерною траєкторією із зависанням на незначній висоті для забезпечення більш точного влучання скиду в ціль. Тому перехоплення БпЛА за 10–20 м від цілі може бути більш доступним за критерієм “ефективність-вартість”, аніж перехоплення на великих відстанях;

достатньо висока вразливість певних складових БпЛА від кінетичного (фугасної, осколкової або осколково-фугасної дії снарядів, пострілів гранат, куль, сіток та шрапнельних боєприпасів) та некінетичного (лазерне та електромагнітне опромінювання) впливу.

О.М.Печененко¹, Я.В.Ярошенко¹, О.Є.Блискун², А.С.Ярошенко³

¹ Національний університет оборони України

² Головне управління розвитку спроможностей авіації

³ Державний науково-дослідний інститут авіації

РОЗПОДІЛ ПОВІТРЯНИХ ЦІЛЕЙ МІЖ ПІЛОТОВАНОЮ ТА БЕЗПІЛОТНОЮ АВІАЦІЄЮ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ ЗАВДАНЬ З АВІАЦІЙНОГО ПРИКРИТТЯ В ПРОТИПОВІТРЯНІЙ ОБОРОНІ

Досвід сучасних збройних конфліктів, зокрема української війни за незалежність, свідчить про масоване застосування противником засобів повітряного нападу різних типів, що створює критичне навантаження на систему протиповітряної оборони. Традиційні підходи, орієнтовані на максимізацію ймовірності ураження без урахування вартості ресурсів, призводять до нераціонального вичерпання високовартісного боекомплекту винищувальної авіації при відбитті нальотів дешевих ударних дронів. Виникає гостра потреба у зміні парадигми цілерозподілу: від максимізації шкоди до мінімізації вартості перехоплення за умови виконання вимог щодо надійності оборони.

Запропонована удосконалена методика базується на використанні математичного методу гілок і меж, що дозволяє знайти оптимальний цілочисельний план розподілу цілей між пілотованими літаками, вертольотами та безпілотними літальними апаратами (БПЛА) перехоплювачами. Алгоритм реалізує логіку послідовного ешелонування засобів за критерієм їхньої економічної вартості. Це дозволяє автоматично призначати на масові низькошвидкісні цілі відносно дешеві засоби (БПЛА-перехоплювачі та вертольоти), зберігаючи при цьому ресурс винищувачів виключно для складних цілей, таких як крилаті ракети.

Методика включає механізм адаптації ймовірностей ураження до поточних метеоумов, часу доби та впливу засобів радіоелектронної боротьби противника. Важливою складовою є підпрограма динамічного просторового балансування, яка розмежовує зони роботи пілотованої та безпілотної авіації, що мінімізує ризик виникнення "дружнього вогню". Процес цілерозподілу є ітераційним: система нарощує кількість дешевих засобів на одну ціль до досягнення заданої ймовірності знищення і переходить до наступного (дорожчого) ешелону лише у разі вичерпання ліміту попереднього.

Результати моделювання підтверджують, що впровадження такої методики дозволяє уникнути виснаження ресурсів системи ППО та скорочує витрати високовартісного авіаційного озброєння майже вдвічі. Практичне застосування розробленого алгоритму забезпечує раціональне делегування завдань у змішаних авіаційних угрупованнях та підвищує загальну економічну ефективність протиповітряної оборони.

П. М. Пionтківський, Р. І. Лобода

Житомирський військовий інститут імені С. П. Корольова

КОНЦЕПТУАЛЬНА РОЛЬ БЕЗПЛОТНИХ СИСТЕМ У МЕРЕЖЕВО-ЦЕНТРИЧНИХ ОПЕРАЦІЯХ

Сучасні збройні конфлікти демонструють докорінну трансформацію способів ведення бойових дій, у яких безпілотні системи стали одним із ключових елементів досягнення інформаційної, технологічної та вогневої переваги. Особливо яскраво ця тенденція проявилася під час російсько-української війни, де безпілотні авіаційні комплекси (БпАК) перетворилися з допоміжного засобу розвідки на повноцінний компонент розвідувально-ударних контурів та мережево-центричних систем управління військами.

Концепція мережево-центричних операцій передбачає інтеграцію всіх елементів бойової системи – засобів розвідки, управління, вогневого ураження та забезпечення – у єдине інформаційне середовище. У такій архітектурі саме безпілотні системи забезпечують оперативний збір, передачу та обробку інформації в режимі реального часу. Вирішальне значення набуває не лише наявність високоточного озброєння, а швидкість проходження циклу “виявлення – прийняття рішення – ураження”.

Досвід бойових дій 2022–2026 років підтвердив, що масове застосування FPV-дронів, баражуючих боєприпасів, морських та наземних роботизованих платформ значно змінило характер сучасної війни. Постійна присутність безпілотних літальних апаратів (БпЛА) у повітрі забезпечує безперервну розвідку, коригування артилерійського вогню, контроль поля бою та оперативне ураження противника.

Одним із найбільш перспективних напрямів розвитку безпілотних систем є впровадження автономних ройових технологій. Ройові системи це сукупність безпілотних платформ, об'єднаних у спільну інформаційну мережу та здатних координувати свої дії без постійного втручання оператора. Основними перевагами таких систем є можливість одночасної атаки з різних напрямків, перевантаження систем протиповітряної оборони (ППО) противника, швидкий перерозподіл завдань між платформами та стійкість до втрати окремих елементів рою. Завдяки автоматизованому обміну інформацією між БпЛА, наземними роботизованими комплексами (НРК) та пунктами управління суттєво скорочується час реагування на зміну бойової обстановки. Це дозволяє оперативно виявляти цілі, передавати координати засобам ураження та здійснювати високоточні удари в режимі реального часу.

Практичний досвід Сил оборони України підтверджує ефективність інтеграції БпАК і НРК із цифровими системами ситуаційної обізнаності, такими як “Дельта”, “Кропива”, “Графіт” та інші. Такі системи забезпечують об'єднання розвідувальної інформації, координацію дій підрозділів та автоматизацію процесів управління військами. Подальший розвиток

мережево-центричних операцій безпосередньо пов'язаний із впровадженням алгоритмів автономного ройового управління.

Перспективним напрямом є створення багатодомених ройових угруповань, до складу яких входять повітряні, наземні та морські безпілотні системи. У такій моделі БпАК виконуватимуть функції розвідки та наведення, НРК – вогневого ураження та мінування, а морські безкіпажні кораблі – ураження корабельних угруповань противника. Поєднання платформ дозволить створити єдиний розподілений розвідувально-ударний контур.

Водночас широке впровадження автономних безпілотних систем супроводжується низкою проблем. Однією з основних загроз є активне застосування засобів радіоелектронної боротьби (РЕБ). У зв'язку з цим перспективні БпАК повинні мати автономні режими функціонування, адаптивні системи зв'язку, резервні канали передачі даних та алгоритми самостійного ухвалення рішень. Іншою важливою проблемою є складність координації великої кількості платформ у реальному масштабі часу. Для ефективного функціонування ройових систем необхідне створення високошвидкісної та захищеної системи інформаційного обміну, заснованої на принципах розподіленої архітектури та mesh-мереж. Суттєвим обмеженням залишається також енергетична автономність малих БпЛА. Тому перспективними напрямами розвитку є впровадження енергоефективних алгоритмів, використання гібридних силових установок та створення мобільних пунктів заряджання.

Одним із ключових напрямів розвитку безпілотних систем є інтеграція технологій штучного інтелекту. Використання алгоритмів машинного навчання дозволить автоматизувати розподіл цілей між платформами, коригування маршрутів польоту, уникнення зіткнень та адаптацію до змін бойової обстановки. Це особливо важливо в умовах втрати зв'язку з оператором або дії противника в умовах інтенсивної РЕБ.

Досвід сучасної війни також підтвердив ефективність тактики масованого застосування дешевих безпілотних платформ для виснаження систем ППО противника. Комбіноване використання ударних БпЛА, хибних цілей та засобів радіоелектронної боротьби дозволяє створювати надмірне навантаження на систему оборони противника та підвищувати ефективність ударів по важливих об'єктах.

Таким чином, безпілотні системи сьогодні є не лише окремим видом озброєння, а основою формування нової концепції ведення бойових дій. Їх інтеграція у мережево-центричні операції забезпечує підвищення швидкості управління військами, підвищення ефективності розвідки, точності вогневого ураження та стійкості бойових систем. Подальший розвиток безпілотних технологій має бути спрямований на створення автономних ройових систем, впровадження штучного інтелекту, підвищення стійкості до засобів РЕБ та інтеграцію БпАК у єдину цифрову систему управління військами. Саме здатність ефективно поєднувати інформаційні технології, автономні платформи та високоточні засоби ураження визначатиме характер військових дій майбутнього та рівень бойових спроможностей збройних сил.

М.С.Скоробогатов, О.В.Халан

Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного

КОНЦЕПЦІЯ РОЗВИТКУ БЕЗПЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ У СИСТЕМІ ОБ'ЄДНОНОЇ ВОГНЕВОЇ ПІДТРИМКИ ЗАГАЛЬНОВІЙСЬКОВИХ ПІДРОЗДІЛІВ.

В ході російсько-української війни відбувся такий вплив технологічного розвитку промисловості і радіоелектроніки, який докорінно змінив тактику застосування військ. Особливо важливим став розвиток БпАК, розширення спектру застосування яких в ході сучасної війни перебрав на себе більшість процесів, що були властиві іншим (розвідувальним, артилерійським, інженерним, протиповітряної оборони) підрозділам. Вогневе ураження противника в сучасних реаліях складно уявити без хоча б навіть взаємодії з підрозділами БпАК. Проте реалії війни диктують умови, які формують перспективну концепцію розвитку застосування різних типів БпАК в тому числі і в ході об'єднаної вогневої підтримки загальновійськових підрозділів.

Якщо розглядати сучасне застосування підрозділів БпАК на рівні батальйон – загальновійськова бригада можна сформулювати наступні напрямки діяльності безпілотних авіаційних комплексів в умовах ведення сучасної війни:

моніторинг поля бою в режимі реального часу в денну і нічну годину доби (здійснюється силами екіпажів БпАК мультироторного типу або екіпажами розвідувальних БпАК типу “крило”);

виявлення і ураження цілей (здійснюється як важкими БпАК мультироторного типу, так і FPV-дронами);

здійснення дистанційного мінування місцевості (здійснюється силами екіпажів важких БпАК мультироторного типу);

здійснення обслуговування стрільби артилерії по виявленим цілям (здійснюється силами екіпажів БпАК мультироторного типу або екіпажами розвідувальних БпАК типу “крило”);

ураження розвідувальних та ударних БпАК (підрозділами FPV-перехоплювачів);

здійснення логістичного забезпечення підрозділів що перебувають на лінії безпосереднього зіткнення з противником (екіпажами важких БпАК мультироторного типу);

здійснення прикриття логістичних шляхів від FPV-дронів противника (екіпажами БпАК мультироторного типу з системою скидів).

Звичайно що не все з наведеного спектру застосовується в загальновійськових підрозділах, причиною чого є недостатня кількість підготовленого особового складу чи матеріально-технічного забезпечення, проте важливою частиною відсутності комплексного застосування можливостей БпАК в умовах ведення бойових дій є відсутність відповідних

органів, що здатні комплексно проводити організацію роботи підрозділів БпАК на рівні “батальйон” – “бригада”.

Вищеперераховані напрямки діяльності в більшій своїй частині перетинаються з діяльністю групи об’єднаної вогневої підтримки батальйону, відділенням об’єднаної вогневої підтримки бригади, що дає змогу спланувати та організувати комплексне застосування БпАК на рівні “батальйон” – “бригада”.

Враховуючи сучасні реалії розвитку як зразків БпАК противника, так і тактики їх застосування можна виділити перспективні напрямки розвитку БпАК:

створення БпАК “винищувального” типу багаторазового використання (оснащених дрібнокаліберною стрілецькою зброєю) – для здійснення дешевого і масованого ураження FPV дронів противника як на радіо-, так і на оптоволоконному управлінні в межах батальйонних районів оборони.

розвиток БпАК типу “крило” для здійснення дистанційного мінування ворожих логістичних шляхів (до 30 км від ЛБЗ);

збільшення дальності та розвідувальних спроможностей розвідувальних БпЛА типу “крило” для загальновійськових бригад у зв’язку з зміщенням елементів бойового порядку противника від ЛБЗ.

Реалізація даних проектів розвитку та поєднання їх в системі об’єднаної вогневої підтримки суттєво підвищить ефективність застосування загальновійськових підрозділів в ході ведення бойових дій.

М.О.Слюсаренко, С.Б.Попков

Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТА ПЕРСПЕКТИВНИХ ЗАСОБІВ РОЗВІДКИ, ЩО МОЖУТЬ БУТИ ЕЛЕМЕНТОМ СИСТЕМИ ВИЯВЛЕННЯ КОМПЛЕКСУ ГРУПОВОГО АКТИВНОГО ЗАХИСТУ

Проведений аналіз існуючих та перспективних засобів протидії ударним БпЛА показав, що ефективне прикриття груп зразків ОВТ від атак fpv-дронів та БпЛА-камікадзе може бути забезпечене лише за умови створення комплексної, багатофункціональної та багатосенсорної структури комплексу групового активного захисту (КГАЗ). Основною передумовою цього є поєднання в єдиному контурі засобів виявлення, розпізнавання, цілевказання, радіоелектронного та вогневого впливу, автоматизованого управління, а також мобільної захищеної платформи для розміщення цих засобів. Підсистема розвідки є основою функціонування КГАЗ, оскільки без

своєчасного виявлення повітряної загрози реалізація подальших заходів протидії є неможливою або малоефективною.

Радіолокаційні засоби доцільно використовувати у складі КГАЗ як основний інструмент контролю повітряної обстановки, вимірювання координат цілей, їх супроводження та видачі цілевказівки іншим підсистемам захисту.

Засоби радіоелектронної розвідки мають суттєві переваги для раннього виявлення ударних БпЛА, зокрема за рахунок прихованості роботи, можливості фіксації факту запуску frv-дронів, розпізнавання типу БпЛА за параметрами випромінюваних сигналів та видачі попереднього цілевказання іншим засобам комплексу. Водночас для визначення координат цілі з необхідною точністю доцільним є застосування просторово рознесених засобів пеленгування, об'єднаних каналами зв'язку та інтегрованих в автоматизовану систему управління.

Оптико-електронні засоби доцільно використовувати у складі КГАЗ як засіб уточнення під час розпізнавання та ідентифікації цілей, а також контролю результатів протидії. Такі засоби виявлення здатні забезпечувати виявлення цілі типу "Mavic 3" у денному каналі на відстані до 6–8 км, але процеси розпізнавання та ідентифікації здійснюються на дещо менших дальностях.

Акустичні засоби розвідки у складі КГАЗ мають деякі обмеження через малу дальність дії та залежать від акустичних умов бойової обстановки. Їх застосування може бути виправданим лише як допоміжний канал виявлення на ближніх дистанціях, а не розглядатися як основна система розвідки БпЛА.

Для своєчасного виявлення повітряної загрози можна мати у складі КГАЗ багатосенсорну підсистему розвідки, у якій радіолокаційні станції та радіоелектронна розвідка забезпечують своєчасне виявлення в активному та пасивному режимах, оптико-електронна розвідка – розпізнавання та підтвердження, а акустичні засоби – локальне резервування каналів виявлення. Визначено, що найкращим варіантом створення системи виявлення КГАЗ є поєднання радіолокаційних, радіоелектронних та оптичних засобів.

Д.О.Соломатін, А.А.Седляр

Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України

АНАЛІЗ БОЄПРИПАСІВ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ РФ В УДАРНИХ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТАХ ЗА ДОСВІДОМ РОСІЙСЬКО-УКРАЇНСЬКОЇ ВІЙНИ

Проведений аналіз показує, що для завдання ударів по зразках ОВТ за допомогою БпЛА противник використовує різні типи боєприпасів. При цьому властивості ударних БпЛА, які належать до категорії “баражуючий боєприпас” (типу “Ланцет-1” (“Ланцет-3”), “КУБ-БЛА”, “Ласточка-М”), щодо ураження зразків ОВТ залежать від типу та характеристик їх БЧ, а саме: для БпЛА типу “Ланцет-3” – це кумулятивний заряд КЗ-6; для БпЛА типу “КУБ-БЛА” – це осколково-фугасна БЧ; для БпЛА типу “Ласточка-М” – це малогабаритний боєприпас (скид), що є аналогом 43 мм гранати до гранатомета серії ГМ-94.

На основі узагальненого аналізу характеристик ударних БпЛА (типу “Ланцет-1” (“Ланцет-3”), “КУБ-БЛА”, “Ласточка-М”), що належать до категорії “баражуючий боєприпас”, визначені такі їх властивості:

точність влучення в ціль – до 5 м (кругове імовірне відхилення), яка суттєво залежить від точності цілевказань розвідувальних БпЛА;

висока надійність ураження цілі: для кумулятивних БЧ – при безпосередньому контакті з її корпусом; для осколкових (осколково-фугасних та термобаричних) БЧ – на відстані до 3 м від цілі.

У БпЛА зі скидами найбільш широко використовуються постріли ВОГ 17М, ВОГ-25, ВОГ-25П, які попередньо спеціально виготовляють у кустарних умовах. Також активно використовуються ручні гранати Ф-1, РГД-5 та РКГ-3, а також касети РБК-250 від авіаційних бомб ПТАБ-2,5М. Їх застосування у багатьох випадках призводить до виведення з ладу бойової техніки та завдання осколкових поранень особовому складу. Водночас, окрім “кустарних”, противник широко застосовує штатні боєприпаси для БпЛА, випуск яких промислові підприємства російської федерації (рф) налагодили ще до початку цієї війни. Відомо, що російська промисловість почала малосерійне виробництво вільнопадаючих бомб, виконаних на основі 40-мм уламкових гранат ВОГ-25 для ручних гранатометів. Маса оригінального боєприпасу становить 250 грамів, із яких 48 грамів становить вибухівка. Наразі цей боєприпас відомий під назвою ОФСП-08.

За своїм цільовим призначенням боєприпаси до ударних БпЛА можуть оснащуватися трьома типами бойових частин (БЧ).

Перший тип БЧ кінетичних боєприпасів для БпЛА – це БЧ загального призначення, які покладаються на комбінацію осколково-фугасної і фугасної дії для ураження особового складу і пошкодження споруд. Осколково-фугасні БЧ мають летальність, яка лінійно залежить від розміру і

застосовуються проти незахищених цілей, таких як неброньовані транспортні засоби, особовий склад і цивільні споруди.

Другий тип кінетичних боєприпасів для БпЛА – це кумулятивні БЧ, призначені переважно для застосування проти броньованої техніки. Їх вогневий вплив заснований на кумулятивному ефекті.

Третій тип БЧ кінетичних боєприпасів для БпЛА – це багатоцільові БЧ. Вони стають все більш поширеними у висококласних ракетах і баражуючих боєприпасах, які мають бути здатні знищувати широкий спектр різних цілей. Така зброя, зазвичай, має тандемну конструкцію з проникаючим кумулятивним зарядом як перший ступінь і компактною осколково-фугасною касетною БЧ як другий ступінь. Ці БЧ мають багато спільного з тандемними проникаючими БЧ, але концептуально розроблені з урахуванням гнучкості місії проти бронетехніки, особового складу та споруд, а не здатності цілеспрямовано проникати в заглиблені споруди або техніку, захищену шаром динамічного захисту. Як і тандемні БЧ, вони набагато дорожчі, ніж осколково-фугасні або одноступеневі кумулятивні БЧ.

Таким чином, з огляду на цільове призначення кінетичних БЧ різного типу та їх вартість, на сьогодні спостерігається більш масове оснащення ударних БпЛА, що використовуються для ураження зразків ОВТ на полі бою, саме осколково-фугасними та кумулятивними боєприпасами. З огляду на відносно високу вартість боєприпасів з багатоцільовими БЧ, масове оснащення ними таких БпЛА можна очікувати на більш віддалену перспективу.

Ю.М. Товстохатко, О.А. Кравець, Д.Г. Почапінський, С.В. Ішук

Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки

ЗАГАЛЬНІ ПІДХОДИ ЩОДО РОЗРОБЛЕННЯ ОПЕРАТИВНО-ТАКТИЧНИХ ВИМОГ ДО УДАРНИХ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Досвід ведення бойових дій Сил оборони України проти агресора-росії демонструє динаміку розвитку ударних безпілотних літальних апаратів (БпЛА). Сучасна війна стимулює як глибоку модернізацію існуючих платформ (Ту-141 “Стриж”, “Bayraktar TB2” тощо), так і появу нових повітряних платформ (від оперативних БпЛА (“UAS SETH”, “AQ 400 Scythe”) до стратегічних дронів дальньої дії (“Лютий”, “Морок”, “Бобер”) та ракето-дронів (“Рута”, “Паляниця”, “Пекло”). Таке різноманіття потребує науково обґрунтованого підходу щодо формування оперативно-тактичних

вимог до них на основі аналізу тенденцій розвитку інноваційних рішень та інших аспектів підготовки та застосування БпЛА.

На основі експертиз інноваційних проєктів, виконання оперативних та спеціальних завдань та аналізу бойового застосування визначено наступні важливі напрямки, що формують сучасні вимоги до ударних БпЛА:

– навігаційна стійкість та автономність. Вимоги до сучасних БпЛА мають включати обов'язково наявність завадозахищених модулів супутникової навігації, інерціальних систем навігації та альтернативних методів позиціонування (оптичної навігації за орієнтирами місцевості, геолокації на основі стільникових мереж, маякових способів орієнтування, магнітна та акустична навігація);

– захищеність каналів керування. Пріоритет надається технологіям передачі даних через мережу ретрансляторів, супутниковий зв'язок (модулі Starlink, Iridium для дальнього резервного каналу в зонах повного придушення), волоконно-оптичні канали (що виключає вплив засобів РЕБ). Впровадження SDR-радіостанцій та технології псевдовипадкового перемикавання робочої частоти (гнучке перемикавання частот, адаптація до спектра перешкод). Застосування захищених радіоканалів з шифруванням AES-256 (на рівні пакетів та радіо) та резервним копіюванням радіо LoRa (забезпечується стійкість до перехоплення та придушення). Застосування гібридних систем керування (автоматичне перемикавання між радіо-, волоконно-оптичними, оптичними каналами (комбіновані платформи TAF Drones). Впровадження мережевих та ройових технологій: децентралізоване керування групами БпЛА, координація через mesh-мережі (проєкти “Swarm”, операція “Павутина”);

– інтелектуалізація та машинний зір. Вимоги мають передбачати впровадження сучасних сенсорів (електромагнітні, оптичні, лідари, лазерні далекоміри, плати донаведення, комбінація з ШІ (машинний зір) для корекції траєкторії (БпЛА “Bulava”, “UAS SETH”), що забезпечує автономне виявлення, класифікацію та ураження цілей без участі оператора на фінальній ділянці польоту;

– живучість та прихованість. Зниження радіолокаційної та акустичної помітності досягається використанням радіопрозорих композитних матеріалів, спеціальних аеродинамічних профілів та малошумних електродвигунів;

– модульність та відкрита архітектура. Проєктні вимоги мають забезпечувати можливість швидкої заміни корисного навантаження (сенсорів, бойових частин) під конкретне завдання, а також інтеграцію компонентів від різних виробників, що зменшує технологічну залежність;

– енергетична ефективність. Розширення радіуса дії БпЛА пов'язане з впровадженням сучасних технологій (водневих паливних елементів, сонячних панелей, удосконаленням режимів планерування в польоті;

– екосистемна інтеграція. Ударні БпЛА повинні розглядатися не як поодинокі засоби, а як елементи розвідувально-ударних комплексів, здатні

діяти у складі “роїв” та взаємодіяти з наземними роботизованими системами. Крім цього потрібна: інтеграція підрозділів БпЛА в єдину інформаційно-керуючу мережу ППО, інтеграція в автоматизовані системи керування військами “Дельта”, “Кропива”, “Віраж” тощо з уніфікованими інтерфейсами, стандартизованими протоколами обміну інформацією, оповіщення та автоматичною цілевказівкою.

Таким чином, формування оперативного-тактичних вимог до перспективних ударних безпілотних літальних апаратів має базуватися на таких основах, як: автономність польоту, модульність конструкції, стійкість до засобів РЕБ, інтеграція в бойові екосистеми, малопомітність та живучість.

О.В.Халан, М.С.Скоробогатов

Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного

ВЗАЄМОДІЯ ПІДРОЗДІЛІВ АРТИЛЕРІЇ ТА БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ В СУЧАСНИХ УМОВАХ ВЕДЕННЯ БОЙОВИХ ДІЙ.

З початку російського вторгнення в Україну на початку 2022 року основна частина вогневого ураження цілей противника відбувалася за допомогою взаємодії підрозділів розвідувальних БпАК, що здійснювали виявлення та обслуговування вогню, та підрозділів артилерії Збройних Сил. З часом, у зв'язку з розвитком технологій спектр застосування БпАК значно розширився, з'явилися ударні БпАК різної дальності, які дозволяють здійснювати ураження цілей як поблизу переднього краю, так в глибині бойового порядку противника, дрони-перехоплювачі, що здійснюють ураження розвідувальних та ударних БпАК противника, а також застосовуються безпілотники мультироторного типу для забезпечення безпеки основних логістичних шляхів від т. зв. “ждунів” - ударних FPV – дронів противника. Приблизно такі ж процеси розгорнулися і з боку противника, на сучасному етапі застосування артилерії ускладнене через дії в умовах постійного впливу засобів повітряного спостереження та ударних FPV-дронів.

Досвід бойових дій у лісистій та пересіченій місцевості свідчить, що ефективно знищення укріплених позицій противника можливе лише в результаті комбінованого ураження. Найбільш результативною є схема, за якої артилерійський удар синхронізується із подальшим застосуванням ударних БпАК. Артилерійський вогонь забезпечує подавлення особового складу, руйнування фортифікаційних споруд та дезорганізацію системи управління, ураження, зупинку або сповільнення висування противника з глибини бойових порядків за рахунок артилерійського вогню, дистанційного

мінування тоді як FPV-дрони здійснюють точкове ураження живої сили, вогневих засобів, залишків зупиненого противника та елементів інфраструктури позицій.

Ключовою умовою ефективного вогневого впливу є його безперервність. Артилерія повинна підтримувати такий темп ураження, який перевищує темпи інженерного відновлення позицій противника, маневру сил та підвозу матеріально-технічних засобів. Фактично артилерія формує динаміку зниження бойового потенціалу противника. При цьому вирішальне значення має мінімальний час реагування артилерійських підрозділів на виявлену ціль — у сучасних умовах він може становити до 4 хвилин від моменту виявлення до відкриття вогню. У поєднанні з масованістю вогню та високою потужністю вогневого впливу це забезпечує зрив дій противника, позбавляє його можливості організовано маневрувати, відновлювати позиції та накопичувати ресурси. Однак в умовах постійного патрулювання позиційних районів артилерії ворожими БпАК виникає проблема втрати можливості для маневру вогнем, маневру підрозділом та логістичним забезпеченням. У ряді випадків артилерійські підрозділи вимушені відкривати вогонь лише за відсутності безпосередньої загрози з боку розвідувальних БпАК або ударних FPV. Це призводить до зниження щільності вогню, порушення циклу “виявлення – ураження” та втрати ініціативи у контрбатарейній боротьбі.

У зв'язку з цим виникають помилкові оцінки щодо нібито зменшення ролі артилерії у сучасній війні. Проте аналіз бойових дій свідчить про протилежне: на окремих ділянках фронту спостерігається дефіцит артилерійських систем та боєприпасів, що безпосередньо впливає на можливість підтримання необхідної інтенсивності вогневого ураження противника, особливо за складних погодних умов, коли дії ударних БпАК обмежені в своїх можливостях.

Одним із основних напрямів вирішення цієї проблеми є створення багаторівневої системи протидронової оборони позиційних районів артилерії та підрозділів БпАК. До її складу мають входити:

- спеціалізовані розрахунки дронів-перехоплювачів;
- радіолокаційні та акустичні засоби контролю повітряного простору;
- система розпізнавання “свій-чужий”;
- мобільні групи вогневого прикриття;
- автоматизовані системи оповіщення про повітряну загрозу;
- система контролю за шляхами руху техніки та особового складу сил оборони.

Таким чином, оборона позиційних районів артилерії та підрозділів БпАК від ударних дронів фактично стала окремим видом бойових дій, що потребує самостійного комплексного планування, виділення спеціалізованих сил і створення ешелонованої системи захисту. Відновлення стійкого функціонування підрозділів артилерії є необхідною умовою забезпечення ефективного контролю “kill-zone” та збереження переваги у вогневому ураженні противника.

Розділ II.

ТЕХНІЧНІ МОЖЛИВОСТІ БЕЗПЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ СИСТЕМ, ЗА РІВНЕМ ВИКОНУВАНИХ ЗАВДАНЬ ТА ЗА ПРИЗНАЧЕННЯМ, НАПРЯМКИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ТА ДООБЛАДНАННЯ

П.Б. Волотівський¹, Н.С. Кібіткіна¹, В.М. Хвостіченко²

¹ Державний науково-дослідний інститут авіації

² Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України

ПІДХІД ДО ФОРМУВАННЯ ТИПАЖУ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ ДЛЯ УЧАСТІ В ПОВІТРЯНО-МОРСЬКІЙ ДЕСАНТНІЙ ОПЕРАЦІЇ

Для деокупації окремих захоплених росією територій України не виключається необхідність проведення операцій (бойових дій) щодо висадки повітряно-морських (повітряних) десантів. Зважаючи на те, що безпілотні авіаційні комплекси нині є одним з видів авіаційної техніки, які найшвидше розвиваються постає питання щодо щонайбільшого залучення до участі в згаданих вище операціях БпЛА усіх класів різного призначення.

Звідси, одним з найважливіших заходів підготовки операції є створення та виробництво необхідної кількості БпЛА (БпАК) для оперативного (бойового) забезпечення операції, виконання бойових задач, перекидання військ повітряного десанту, транспортного, матеріально-технічного, медичного забезпечення й евакуації поранених. Важливі завдання покладатимуться також на наземні роботизовані та безекіпажні надводні та підводні комплекси.

Вибір раціонального типажу (сукупності типів) БпЛА (БпАК) для включення до складу системи озброєння угруповань військ (сил), що створюються для проведення повітряно-морської десантної операції (ПМДО), має здійснюватися з урахуванням доцільності залучення кожного зразка БпЛА (БпАК) для виконання тих чи інших завдань.

Основу сил першого ешелону повітряного десанту також складатимуть опціонально пілотовані та безпілотні транспортно-десантні БпЛА.

Нині для БпЛА, як перспективному напрямку розвитку техніки, притаманне швидке розширення кола задач і можливостей. Головні задачі БпЛА на даний час визначені як в керівних документах так і у відкритих джерелах. Однак, на нашу думку, до них необхідно додати такі задачі: *“десантування військ десанту на територію противника”, радіаційна, хімічна та біологічна розвідка, збір метеорологічної інформації, ставлення морських мін, пошуково-рятувальне забезпечення на морі.* Для цього мають бути спеціально створені БпЛА (БпАК).

Для десантування військ десанту на територію противника мають бути створені спеціальні транспортно-десантні БпЛА, транспортно-десантні опціонально пілотовані ЛА (можуть виконувати керований політ як з льотчиком на борту, так і без нього). Адже на сьогодні є приклади розробок ЛА для цивільних споживачів системи *“міська аеромобільність”* - безпілотних, пілотованих та опціонально пілотованих ЛА.

Стосовно БпЛА для десантування військ десанту, це мають бути ЛА, кожний із яких доставлятиме в район висадки групу повністю екіпірованих десантників з відповідним боєкомплектом зі складу відповідних тактичних підрозділів (взводів, рот тощо).

Десантування військ десанту десантно-транспортними БпЛА має здійснюватися посадковим способом.

Масоване застосування БпЛА (БпАК) в операції дозволить вести маневрені бойові дії в усій зоні операції.

В ході дослідження сформульований попередній раціональний типаж БпАК для виконання визначених завдань відповідно до етапів операції. До виконання часткових завдань на етапах ПМДО залучатимуться:

- розвідувальні, розвідувально-ударні та ударні БпАК II та III класу;
- БпЛА-перехоплювачі, БпЛА-винищувачі розвідувальних (ударних) БпЛА противника;

- розвідувально-ударні БпЛА (мікро- (тактичні), міні- (тактичні поля бою), малі (тактичні))

- ударні разові БпЛА I та II класу (літаки та мультикоптери);

- БпЛА I та II класу для ведення розвідки, моніторингу поля бою, забезпечення ситуаційної обізнаності, оцінки втрат;

- БпЛА I та II класу управління вогнем і цілевказівки засобам ураження;

- БпЛА інженерного забезпечення (пошуку та знищення мін, ставлення мін);

- БпЛА метеорологічного забезпечення;

- БпЛА пошуково-рятувального забезпечення десанту під час його польоту над морською акваторією, над територією, захопленою противником;

- БпЛА – ретранслятори зв'язку, РЕБ;

- транспортно-десантні БпЛА;

- БпАК логістичного забезпечення;

- БпЛА медичного забезпечення та евакуації поранених;

- інші типи БпЛА.

Підготовлені висновки та пропозиції є підставою для початку досліджень щодо формування типуажу БпАК для участі в повітряно-морській десантній операції, для обґрунтування оперативно-тактичних та тактико-технічних вимог до визначених їх типів.

О.О. Вотяков, О.Л. Кручковський, Д.Г. Колпаков, Р.М. Мамайсур

Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ POWER-OVER-FIBER, ДЛЯ ЗБІЛЬШЕННЯ ТРИВАЛОСТІ ДІЙ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ.

Розвиток технологій за останні кілька років сприяв великим змінам у Збройних Силах України. Досвід ведення бойових дій демонструє перехід до застосування БпЛА з каналом управління через волоконно-оптичну лінію зв'язку, які здатні перебувати в режимі засідки на землі або в повітрі та за командою оператора атакувати цілі без використання радіоканалу. Але обмеженням таких систем є залежність від джерела живлення, що зменшує час роботи БпЛА. На сьогодні, з метою збільшення часу очікування в засідці, вітчизняні розробники встановили на БпЛА “Kolibri 7, 8, 10”, систему “Power Key”, яка дозволяє оператору дистанційно вимкнути бортове живлення, крім приймача. БпЛА “засинає”, стаючи невидимим для засобів радіотехнічної розвідки. Але такий підхід позбавляє оператора БпЛА оперативної інформації та вразливий до засобів РЕБ противника.

Технологія Power-over-Fiber (PWoF) – передача електричної енергії через оптичне волокно усуває вищезазначені недоліки та забезпечує великий час автономної роботи бортових систем БпЛА без втрати інформаційної обізнаності.

Технологія базується на перетворенні електричної енергії у лазерне випромінювання, його передачу та перетворення у електроенергію за допомогою оптичного перетворювача енергії (Photovoltaic Power Converters). Згідно з даними, опублікованими у науковій роботі науковцями з Японії в 2022 році “Optically Powered and Controlled Drones Using Optical Fibers for Airborne Base Stations”, вже існує прототип та проведені льотні випробування БпЛА ретранслятора з живленням по технології PWoF. У виданні “Photonics MDPI” від 2024 року, підтверджена можливість передачі електричної потужності 1 Вт через багатомодову волоконно-оптичну лінію “OM1” на відстань 5 км при вхідній оптичній потужності 2,5 Вт, а також досягнута ефективність оптичного перетворювача енергії до 49% з вихідною напругою 5 В на комерційних оптичних перетворювачах енергії. Дослідження від 2026 року, опубліковане у виданні “Journal of Optics”, демонструють можливість живлення пристроїв з потужністю споживання до 414 мВт на відстані до 5,2 км та до 236 мВт на 19,9 км через одномодову волоконно-оптичну лінію, при використанні оптичного джерела випромінювання (EDFL) потужністю 1,5 Вт на довжині хвилі 1550 нм.

Таким чином, для вирішення обмежень сучасних рішень існує технічна можливість щодо використання волоконно-оптичної лінії, що поєднує канал управління, відео та канал PWoF (для передачі електроживлення потужністю

5–15 Вт на відстані до 2–5 км). Бортовий модуль оптичного перетворювача енергії забезпечуватиме живлення бортової електроніки, відеокамери та системи управління без розряду акумулятора. Акумулятор використовується виключно для польоту та атаки, що збільшує час активної роботи в 3–5 разів порівняно з повністю автономними системами.

Поєднання технологій обміну інформацією через волоконно-оптичну лінію управління та технології PWoF є технічно реалізуєним напрямом збільшення тривалості дій БпЛА, які діють із засідки.

А.Г.Єрилкін, С.І. Смик

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба

ВПЛИВ ОСОБЛИВОСТЕЙ ГРУПОВОГО ЗАСТОСУВАННЯ БПАС НА ВИМОГИ ДО ЇХ БОРТОВИХ КОМПЛЕКСІВ

Групове застосування безпілотних авіаційних систем (БпАС) Сил оборони (СО) України - це комплекс теоретичних та практичних заходів з організації підготовки та ведення сумісних бойових дій підрозділами та частинами безпілотної авіації.

Групи БпАС при дії по об'єктах противника в його оперативній та стратегічній глибині оборони мають складатись з сукупності ударних, розвідувальних, розвідувально-ударних, РЕБ та інших. Вони відрізняються між собою за льотно-тактичними характеристиками та бойовими можливостями. В залежності від цього визначається їх кількість і функції в групі БпАС.

З аналізу досвіду групового застосування безпілотної авіації СО України в оперативній та стратегічній глибині оборони противника зроблено висновок про те, що в складі групи мають бути БпАС на які покладаються завдання: ведення повітряної розвідки; цілевказання; ураження визначених цілей; придушення засобів зв'язку; створення хибних повітряних цілей, забезпечення польоту групи шляхом встановлення димових завіс.

Виконання усіх перелічених завдань з потрібною ефективністю має забезпечити комплекс бортового обладнання БпАС

Він може бути уніфікованим або спеціалізованим. Уніфіковані комплекси призначені для виконання усього спектру перелічених завдань. а спеціалізовані – одного. В залежності від поставленого бойового завдання застосовуються уніфіковані та спеціалізовані БпАС або їх сукупність.

Групи БпАС мають діяти за єдиним планом, в якому визначається порядок зльоту та формування бойового порядку, маршрут польоту з

координатами поворотних пунктів, можливі зони дій ППО противника, безпечні інтервали та дистанції між літальними апаратами та інші питання.

На підставі цього плану розробляють програму польоту кожного БпАС, яку вводять в пам'ять його бортового комплексу. Має бути передбачена можливість корегування плану в польоті за командами з ПУ, в перспективі, – бортовим комплексом БпАС.

За просторовими параметрами бойовий порядок БпАС може бути:

впорядкованими, в якому розташування в групі встановлюється заздалегідь визначеною схемою, що реалізується після їхнього зльоту на початковому етапі польоту за командами ПУ. В подальшому польоті по маршруту до цілі бойовий порядок має витримуватись автоматично. шляхом обміну інформацією між БпАС. Це потребує наявності стійкого захищеного радіозв'язку між ПУ та БпАС, а також між БпАС;

невпорядкованими, в якому розташування в групі формується в умовах обмеження часу за випадковою послідовністю зльоту БпАС при виході з під удару противника з подальшим узгодженням положення в групі за командами з пункту управління.

З наведеного зроблено висновок про те що бортовий комплекс БпАС Сил оборони України має забезпечувати автоматичне витримування сумісного бойового порядку в польоті, маневрування за заданою програмою і в залежності від протидії противника, вихід на ціль та її ураження.

Ю.В. Жежерун, О.М. Походенко, Р.В. Міщенко

Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки

НАПРЯМИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ТА ДООБЛАДНАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ СИСТЕМ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

Безпілотні авіаційні комплекси (БпАК) стали невід'ємною частиною сучасної військової тактики, забезпечуючи швидше й ефективніше виконання бойових завдань. Упродовж останніх років їхнє застосування суттєво трансформувалося. Якщо наприкінці ХХ століття безпілотники, в основному, використовувалися для розвідувальних цілей, то нині вони стали ключовими засобами вогневого ураження завдяки використанню авіаційного озброєння та баражуючих боєприпасів. Ця тенденція внесла вагомий внесок у так звану “війну дронів”.

Сьогодні розробка нормативно-правової бази для ринку безпілотників у воєнних умовах сприяла значному зростанню виробничих потужностей – більш ніж у сто разів. Відкрито понад 200 спеціалізованих компаній, які

займаються розробкою та обслуговуванням БпАК. Активно створюються дрони спеціального призначення, здатні виконувати низку завдань: ретрансляція радіозв'язку, радіоелектронна боротьба, коригування артилерійського вогню, імітація повітряних цілей, ураження об'єктів, транспортування вантажів і повітряна розвідка.

Ефективне застосування таких комплексів з боку Збройних Сил України вимагає підготовки операторів, а також належного забезпечення життєвого циклу дронів: від розроблення до експлуатації, модернізації та утилізації. У цьому контексті важливу роль відіграє створення програмного забезпечення для систем управління, автоматизація операцій на всіх етапах польоту (зліт, виконання завдань, посадка) та підвищення стійкості до радіоелектронних та інших перешкод природного й штучного походження.

Сучасні умови ведення бойових дій визначають потребу у створенні різних класів (тактичних, оперативно-тактичних, оперативних, стратегічних) та типів (ударних, розвідувальних, спеціальних) дронів. Важливою стає уніфікація БпАК у межах кожного класу для полегшення навчання особового складу, технічної експлуатації та логістики.

Протягом 2026 року було проведено понад 50 попередніх (заводських) випробувань БпАК. Цей процес здійснюється у два етапи: полігонні випробування (перевіряється комплектність зразків, радіус дії та тривалість польоту) та випробування в бойових умовах, що дозволяють оцінити ефективність виконання завдань навіть за умов радіоелектронної протидії. У процесі випробувань перевіряється стійкість телеметрії, відеоканалів та супутникової навігації, здатність коригувати вогневі удари тощо.

Особливу увагу приділяють перспективним напрямкам, таким як спільне використання пілотованих і безпілотних літальних апаратів, вдосконалення засобів ураження й інтеграція систем штучного інтелекту. Модернізація БпАК зосереджена на підвищенні автономності, дальності польотів, маневреності, мультифункціональності та захисті від засобів радіоелектронної боротьби. Пріоритетними напрямками залишаються застосування комп'ютерного зору, удосконалення оптичних систем і точності бойового застосування. Успішна реалізація зазначених напрямків дозволить не лише забезпечити потреби Збройних Сил України у сучасних БпАК, а й створить основу для виходу української продукції на міжнародний ринок.

В.А. Майданюк, В.В. Гончаров, В.В. Горобець

Інституту ракетних військ і артилерії Національної академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного

ПОЛЮВАННЯ НА ОПЕРАТОРІВ БПЛА: НОВІ ПІДХОДИ ЗАСТОСУВАННЯ FPV-ДРОНІВ РФ

Сучасна війна поступово переходить у площину технологічного протистояння, де ключову роль починають відігравати безпілотні системи. Якщо на початку повномасштабної війни FPV-дрони переважно розглядалися як дешевий ударний засіб, то сьогодні вони дедалі частіше використовуються як елемент комплексної розвідки. Особливу увагу привертає практика застосування російськими військами FPV-дронів із високоякісними камерами типу GoPro або їх аналогами для виявлення позицій операторів українських БПЛА.

Суть цієї тактики полягає у поєднанні аеророзвідки, відеоаналізу та подальшого ураження виявлених цілей. На відміну від стандартної FPV-камери, GoPro забезпечує значно кращу якість зображення, стабілізацію відео та можливість детального покадрового аналізу після польоту. Це дозволяє противнику не лише вести спостереження за позиціями, а й виявляти малопомітні ознаки роботи екіпажів дронів.

Під час польоту FPV-дрон може здійснювати проліт над районом, де, ймовірно, працюють оператори безпілотників. Отримане відео після повернення дрона або передачі запису детально аналізується. У кадрах шукають характерні елементи: антени наземних станцій, ретранслятори сигналу, кабелі живлення, транспорт, генератори, сліди перебування особового складу чи навіть елементи маскувannya. Особливо небезпечним є те, що сучасні камери дозволяють збільшувати окремі ділянки зображення без критичної втрати якості.

Після виявлення потенційної позиції операторів координати уточнюються додатковими засобами — повторним польотом дрона, радіопеленгацією або перехопленням FPV-сигналу. Надалі по виявленій цілі можуть застосовуватися ударні FPV-дрони, мінометний вогонь або артилерія. Фактично формується повний цикл: «виявлення - підтвердження - ураження».

Ознакою ефективності такої тактики є й те, що російські інструкції для операторів FPV уже містять рекомендації щодо приховування антен та позицій екіпажів. Серед основних заходів — винесення антен на відстань від операторів, використання фальшивих антен, ретрансляторів та часта зміна позицій. Це свідчить про те, що проблема контрвиявлення операторів БПЛА стала системною для обох сторін.

Не менш важливим є те, що подібна тактика поступово змінює сам підхід до використання FPV-дронів. Вони вже не є виключно “одноразовим засобом ураження”, а стають частиною розвідувально-ударного комплексу.

При цьому навіть цивільні технології, такі як екшн-камери, фактично інтегруються у військову систему розвідки.

Таким чином, застосування FPV-дронів із високоякісними камерами для пошуку операторів БПЛА демонструє швидку еволюцію безпіотної війни. Противник активно адаптується до нових умов та намагається не лише використовувати дрони для ударів, а й знищувати саму інфраструктуру управління безпілотниками. У таких умовах питання маскуванню позицій операторів, розосередження антен та скорочення часу роботи з однієї точки стають критично важливими для виживання екіпажів та збереження ефективності підрозділів БПЛА.

Д.О. Перемибіда, І.В. Перемибіда

Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного

ПЕРСПЕКТИВИ ІНЖЕНЕРНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ІННОВАЦІЙНИХ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ ПІД ЧАС СТВОРЕННЯ І ВИРОБНИЦТВА ЕЛЕМЕНТІВ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Масштабне застосування безпілотних авіаційних систем (далі – БпАС) в сучасних збройних конфліктах та активне впровадження БпАС у цивільні галузі господарства висувають принципово нові вимоги до конструктивних рішень та технологій їх виробництва. Інженерна оптимізація структурних елементів БпАС набуває ключового значення для забезпечення необхідних льотно-технічних характеристик, водночас досягаючи скорочення маси конструкції та собівартості виробів, в цілому.

Одним із найбільш перспективних напрямків є активне впровадження методів топологічної оптимізації та генеративного проектування. Сучасні програмні комплекси дозволяють автоматично формувати геометрію силових елементів конструкції, оптимальну за критерієм мінімальної маси за заданими обмеженнями міцності та жорсткості. Це дозволяє суттєво скоротити цикл проектування і зменшити кількість ітерацій до отримання кінцевого технічного рішення.

Значний потенціал для інженерної оптимізації несе використання полімерних композиційних матеріалів на основі вуглецевого та арамідного волокна. Такі матеріали забезпечують питому міцність, що в 3-5 разів перевищує аналогічний показник для алюмінієвих сплавів, за умови суттєво меншої маси. Поєднання адитивних технологій із традиційними методами обробки дозволяє отримувати конструктивні елементи зі складною

внутрішньою геометрією – внутрішніми каналами охолодження, решітчастими заповнювачами, інтегрованими кріпильними вузлами, – які раніше були технологічно недосяжними. Технології пошарового наплавлення, стереолітографії та селективного лазерного спікання вже сьогодні активно використовуються в ході виготовлення корпусів, несучих рам та аеродинамічних поверхонь малих і середніх БпАС.

Перспективи реалізації інноваційних конструктивних рішень безпосередньо пов'язані з розвитком вітчизняної виробничої бази та стандартизацією технологічних процесів. Нагальним завданням є розробка галузевих стандартів на матеріали та виробничі процеси, що забезпечать відтворюваність характеристик і систематичний контроль якості готових виробів. Не менш важливим в цьому напрямку є впровадження концепції цифрового двійника на всіх стадіях життєвого циклу БпАС – від проектування до технічного обслуговування.

Реалізація окреслених заходів потребує налагодження міжгалузевої кооперації між науково-дослідними установами, конструкторськими бюро та виробничими підприємствами оборонно-промислового комплексу.

Таким чином, системний підхід до інженерної оптимізації конструктивних елементів БпАС гарантовано забезпечить суттєве підвищення їх тактико-технічних характеристик та конкурентоспроможності вітчизняних розробок на міжнародному ринку.

О.Г. Склярів, П.А. Глущенко, Г.В. Гайдамашко

Державний науково-дослідний інститут авіації

АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ БпАК З ВОЛОКОННО-ОПТИЧНИМ КАБЕЛЕМ У СКЛАДІ ГРУП ПРОТИДІЇ БпАК ПРОТИВНИКА

Із застосуванням безпілотних авіаційних комплексів з волоконно-оптичним кабелем (БпАК-ВОК) у підрозділах безпілотних систем (БпС) військових частин (підрозділів) відбулось суттєве нарощення ударних та розвідувальних спроможностей БпС, зокрема, більш ефективного виявлення та нанесення ураження позицій екіпажів безпілотних літальних апаратів (БпЛА) противника. При цьому аналогічно зросли спроможності противника. Тому для пошуку шляхів протидії безпілотним засобам противника групою протидії БпАК противника було проведено аналіз переваг і недоліків БпАК-ВОК та розроблено рекомендації щодо їх більш ефективного застосування.

За результатом аналізу застосування БпАК-ВОК визначено його основні переваги:

стійкість до РЕБ;

скритне застосування – БпАК-ВОК не випромінює радіосигнал, що робить його невидимим для систем радіоелектронної розвідки, що значно зменшує час і дальність виявлення БпАК-ВОК противника

висока якість відео – ВОК забезпечує передачу відео без перешкод, спотворень та затримок. Оператор отримує чітке і стабільне зображення, що покращує точність управління та прийняття рішень;

стабільність зв'язку – зв'язок через оптоволоконний кабель є більш стабільним, у порівнянні з радіо каналами, які можуть бути перевантажені або заблоковані;

робота в складних умовах – БпАК-ВОК можуть ефективно працювати в умовах щільної міської забудови, в тунелях, будівлях та інших закритих просторах, де радіохвилі не можуть пройти стабільно;

низький політ та маскування – оператори можуть літати дуже низько, навіть ковзаючи по рослинності, зберігаючи при цьому надійний відеосигнал. Це ускладнює виявлення БпЛА, особливо вночі;

можливість роботи в режимі очікування – БпАК-ВОК можуть сідати на землю та тривалий час перебувати в режимі очікування, не потребуючи дрона-ретранслятора в повітрі, що важливо для тривалого спостереження.

Також за результатом аналізу застосування БпАК-ВОК визначено і деякі основні недоліки, що впливають на виконання поставлених завдань:

обмежена дальність – максимальна відстань польоту залежить від довжини оптоволоконного кабелю, яка визначається постачаємою котушкою;

знижена маневреність та швидкість – котушка з кабелем та сам дріт додають вагу та об'єм, що знижує швидкість та ускладнює виконання маневрів у повітрі;

ризик пошкодження кабелю – ВОК може бути пошкоджений або перерізаний перешкодами чи в бою, що призводить до миттєвої втрати зв'язку з БпЛА;

більші габарити – БпАК-ВОК є значно більшими за звичайні БпЛА з радіозв'язком, що робить їх легшою ціллю для стрілецької зброї;

знижена вантажопідйомність – частина корисного навантаження витрачається на котушку з ВОК, що зменшує вагу бойової частини;

складність керування – оператору потрібно бути значно обережнішим, щоб уникнути заплутування кабелю за перешкоди та забезпечити його рівномірне розмотування);

вища вартість – виробництво БпАК-ВОК є дорожчим порівняно з традиційними бездротовими аналогами.

Також присутня недостатньо якісна намотка оптоволоконного кабелю та збірка котушек, неякісні медіаконвертори на БпЛА, дефіцит ємності акумуляторних батарей та потужностей моторів дрону.

Дуже важливим елементом є підготовка БпЛА та котушек з ВОК до використання, а саме: прочистка конекторів волокна перед кожним польотом, акуратне транспортування котушек на позиції, недопущення різких перепадів температур. Також впливають погодні умови – із-за поривів вітру дерева

рухаються та можуть обірвати ВОК, яке на них лягає. Не виключена можливість обриву волокна із-за проїзду автомобільної та бронетехніки по маршруту польоту.

Як результат, успішне виконання завдання та ефективне застосування БпАК-ВОК – це не тільки професіоналізм та навченість оператора, це сукупність різних факторів, а саме: висока надійність БпАК, безпечне транспортування/зберігання БпЛА та катушек в підрозділах БпС та безпосередньо на позиціях. При цьому одним із головних завдань є забезпечення безвідмовної роботи катушки з ВОК.

Отже під час експлуатації та застосування для забезпечення надійності та ефективності БпАК необхідно враховувати наступне:

нанесення вогневого ураження БпАК-ВОК по укріпленим позиціям здійснювати спільно з артилерією для синхронізації зусиль за часом і місцем з метою досягнення бажаного ефекту;

здійснювати польоти не вздовж доріг, а в поперек;

збільшувати швидкість польоту над водоймами, з метою створення необхідного натягу волокна (щоб волокно не спускалось у воду);

вибирати найвищі точки по маршруту польоту, зокрема в районах доріг (стовпи, дерева, будівлі) для недопущення механічного обриву волокна.

Зменшення впливу конструктивних недоліків БпАК-ВОК та використання їх переваг у повній мірі суттєво підвищить ефективність виконання завдань з вогневого ураження противника в зоні бойового зіткнення.

А.В. Швиденко, Г.С. Нікіфоров, В.І. Канівець, О.В. Делов

Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки

АНАЛІЗ ПІДХОДІВ ДО СТВОРЕННЯ МІШЕНЕЙ ДЛЯ ІМІТАЦІЇ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ПІД ЧАС ДОСЛІДЖЕННЯ КОМПЛЕКСІВ АКТИВНОГО ЗАХИСТУ БРОНЬОВАНОЇ ТЕХНІКИ

Сучасний розвиток безпілотних літальних апаратів та баражуючих боєприпасів суттєво змінює характер загроз для броньованої техніки та обумовлює необхідність удосконалення комплексів активного захисту (КАЗ). Особливої актуальності набувають дослідження ефективності функціонування КАЗ щодо малорозмірних, малошвидкісних і маневрових повітряних цілей, до яких належать FPV-дрони, квадрокоптери, баражуючі боєприпаси та інші безпілотні системи. У зв'язку з цим важливим напрямом є

створення спеціалізованих мішеней, що дозволяють імітувати параметри сучасних безпілотних загроз під час проведення випробувань і досліджень.

Основною вимогою до мішеней для імітації безпілотних літальних апаратів є забезпечення максимальної відповідності характеристикам реальних повітряних цілей. До таких характеристик належать геометричні параметри, швидкість та висота польоту, маневровість, ефективна площа розсіювання, теплові ознаки та особливості траєкторії руху. На відміну від класичних протитанкових засобів ураження, безпілотні літальні апарати характеризуються складною динамікою руху, можливістю зміни напрямку польоту та застосування групових атак, що значно ускладнює роботу систем виявлення і супроводження КАЗ.

Під час проведення досліджень можуть застосовуватись як серійні цивільні квадрокоптери, так і спеціалізовані мішеневі платформи, створені на базі безпілотних авіаційних комплексів. Використання серійних FPV-дронів дозволяє забезпечити реалістичність випробувань, однак такі засоби мають обмеження щодо повторного використання, стабільності польоту та точності відтворення параметрів атаки. Перспективнішим напрямом є створення багаторазових мішеневих платформ із програмованою траєкторією руху, що забезпечують можливість моделювання різних сценаріїв застосування безпілотних загроз.

Для підвищення достовірності досліджень доцільним є використання мішеней із можливістю зміни радіолокаційних та теплових характеристик. Це дозволяє оцінювати ефективність роботи радіолокаційних, оптико-електронних і комбінованих систем виявлення КАЗ в умовах наближених до реального бойового застосування. Важливим аспектом є також забезпечення польоту мішені на малих висотах із різними кутами атаки та можливістю маневрування в процесі зближення з об'єктом захисту.

Окремої уваги потребують питання безпечності проведення випробувань та зниження вартості досліджень. У зв'язку з цим перспективним напрямом є застосування модульних мішеней, конструкція яких дозволяє змінювати конфігурацію корпусу, тип рушійної установки та характеристики польоту залежно від поставлених задач.

Одним із перспективних напрямів імітації малорозмірних безпілотних літальних апаратів під час дослідження комплексів активного захисту є використання спеціалізованих графічних або контрастних мішеней, що наносяться на стандартні мішеневі установки для відстрілу стрілецької зброї та шротових боєприпасів. Такий підхід дозволяє здійснювати первинне оцінювання ефективності ураження елементів конструкції БпЛА, визначати характеристики розсіювання уражаючих елементів та аналізувати щільність ураження в межах заданої площі. Використання плоских мішеней із нанесеними контурами FPV-дронів або баражуючих боєприпасів дозволяє суттєво знизити вартість проведення експериментальних досліджень та забезпечити високу повторюваність результатів.

Для підвищення інформативності випробувань на мішенях можуть додатково позначатися найбільш вразливі елементи конструкції безпілотного літального апарата, зокрема акумуляторні батареї, електродвигуни, канали передачі сигналу, блоки керування та бойова частина. Це дозволяє проводити оцінювання ймовірності втрати функціональності БПЛА залежно від локалізації ураження. У деяких випадках доцільним є застосування багатошарових мішеней або матеріалів із різними механічними властивостями, що частково імітують конструкційні особливості реальних безпілотних систем

Крім того, перспективним підходом є використання рухомих мішеневих установок із нанесеними силуетами безпілотних літальних апаратів, що дозволяє моделювати динаміку польоту цілі під час відпрацювання систем ураження шротового типу. Такі рішення забезпечують можливість визначення оптимальної дистанції спрацювання, оцінювання конфігурації поля розльоту уражаючих елементів та аналізу ефективності перехоплення малорозмірних повітряних цілей за різних режимів руху.

Таким чином, ефективне дослідження комплексів активного захисту броньованої техніки в умовах зростання ролі безпілотних літальних апаратів потребує застосування сучасних імітаційних мішеней, здатних відтворювати характеристики реальних повітряних загроз. Використання багаторазових безпілотних платформ, модульних мішеней, рухомих установок, а також графічних мішеней для оцінювання ефективності ураження шротовими елементами дозволяє забезпечити комплексне дослідження процесів виявлення, супроводження та перехоплення цілей.

Розділ III.

ПЕРСПЕКТИВИ РЕАЛІЗАЦІЇ ЗАХОДІВ ЩОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНЖЕНЕРНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ДО НОВИХ ІННОВАЦІЙНИХ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ ПРИ СТВОРЕННІ І ВИРОБНИЦТВІ ЕЛЕМЕНТІВ БЕЗПЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ СИСТЕМ

С.В. Кубарь, О.А. Жевтюк

Державний науково-дослідний інститут авіації

ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ВАЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ У СКЛАДІ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

За результатами аналізу досвіду застосування силами оборони України безпілотних авіаційних комплексів (далі – БпАК) типу мультикоптер та літакового ударних (разових, багаторазових), розвідувальних та інших спостерігається стала тенденція щодо оснащення їх в основному оптико-електронними системами (ОЕС), що функціонують або у видимому або у інфрачервоному діапазонах спектру. В окремих випадках для заміни зазначеного цільового споряддя потребується визначений час та спеціалізований інструмент.

Проте інтеграція до складу цільового споряддя БпЛА комплексних ОЕС суттєво підвищує ефективність їх застосування, а саме:

для ударних (разових, багаторазових) та розвідувальних БпЛА у більшості випадків доцільно застосовувати ОЕС, які відображають інформацію у видимому та у інфрачервоному діапазонах спектру, що обумовлюється часом польоту в темну пору доби, у сутінках (вночі), або вдень, коли ціль замаскована і денна відеокамера не надає достатньої інформації про неї, зокрема отримана інформація про підстилаючу поверхню може використовуватись у системах альтернативної навігації БпЛА;

для розвідувальних БпЛА наявність інфрачервоної камери збільшує ефективність визначення координат цілей (об'єктів), корегування вогню артилерії, тощо;

інтеграція програмного та апаратного забезпечення з використанням штучного інтелекту до бортових ОЕС з метою реалізації процесу автоматизованого дешифрування результатів проведення польотів на повітряну розвідку, що дозволяє суттєво скоротити час на прийняття відповідних рішень зі знищення виявлених цілей.

Також актуальним є питання щодо протидії ворожим БпЛА-перехоплювачам, що може реалізуватися зокрема додатковим встановленням ОЕС у верхній напівсфері фюзеляжу та у нижній (за конструктивної можливості), передачею інформації про загрозу і відпрацювання маневрів на ухилення, зміни висоти тощо.

V.A. Onyshchenko, M.V. Onyshchenko

National Academy of Army Forces

INNOVATIVE UAV MODERNIZATION: IMPLEMENTATION OF STEERABLE PARACHUTE SYSTEMS TO ENSURE SECONDARY COMBAT EFFECTIVENESS OF AERIAL PLATFORMS

The modern architecture of tactical unmanned aerial systems (UAS), particularly in the segment of strike quadcopters and FPV drones, suffers from a critical vulnerability: absolute dependence on the stable operation of the propulsion system (motor-propeller group). Combat experience shows that even minor damage to a single propeller or a motor failure due to kinetic impact leads to an immediate loss of control and an uncontrolled crash. In high-intensity environments saturated with anti-aircraft fire and mobile Electronic Warfare (EW) complexes, this results in a high mission failure rate. An engineering solution to this problem is the structural modernization of the UAV by integrating a compact "gliding shell" (parafoil) parachute system, which transforms the "lost drone" concept into a "second-chance guided munition."

The technical essence of the proposal involves installing a specialized module containing a high-performance ram-air gliding parachute. The activation system must operate automatically: the flight controller, utilizing telemetry sensors (accelerometers and gyroscopes), instantly detects critical thrust imbalance or uncontrolled rotation indicating structural damage. Following a pyrotechnic or mechanical deployment of the parachute, the UAV does not merely slow its descent but transitions into a controlled glide mode. Surviving motors can generate aerodynamic force. This creates additional lift, allowing the aircraft to remain airborne significantly longer than in a standard emergency crash.

A key advantage of this approach is the preservation of the radio control link and video transmission after system deployment. This enables the operator to identify the source of the threat-such as a shooter's position or an EW station-in real-time. By utilizing the residual thrust of the remaining motors and the maneuverable properties of the gliding wing, the operator gains the ability to steer the damaged UAV directly onto the target. Consequently, a drone previously considered "shot down" is transformed into a gliding bomb, striking the enemy at the exact moment they believe the UAV has been neutralized.

The implementation of this solution requires addressing several engineering challenges, primarily the minimization of the parachute module's mass to maintain payload capacity and endurance. Furthermore, autopilot algorithms must be adapted for asymmetric operation, where the surviving motors function specifically for course correction during the glide phase. Integrating Artificial Intelligence (AI) elements can assist the system in automatically calculating the strike trajectory, accounting for wind speed and altitude at the moment of deployment-a critical factor if communication with the operator is severed.

Thus, the addition of such a system radically shifts combat economics: the cost of a parachute module is negligible compared to the value of the entire UAS and its munition. We obtain not only a method for preserving expensive electronics but also a tool for guaranteed engagement of high-priority targets in contested environments. This increases psychological pressure on the enemy, as any attempt to down the UAV may result in an immediate counter-strike from a platform that continues its attack even in a state of terminal technical damage. The comprehensive implementation of steerable gliding parachutes will significantly enhance the survivability and combat efficiency of unmanned systems in high-tech military conflicts.

Ю.Л.Бондаренко, І.А.Іщенко

Житомирській військовий інститут імені С.П. Корольова

АНАЛІЗ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ БПЛА НА ОСНОВІ TLOG-ТЕЛЕМЕТРІЇ

Сучасні безпілотні авіаційні системи активно застосовуються для виконання розвідувальних, моніторингових та спеціальних завдань. Одним із ключових факторів ефективності їх функціонування є раціональне використання енергетичних ресурсів, оскільки тривалість польоту, стабільність роботи бортових систем та можливість виконання поставленого завдання безпосередньо залежать від режимів роботи силової установки. У зв'язку з цим актуальним є дослідження реальних режимів експлуатації БПЛА на основі аналізу телеметричних даних, отриманих під час польоту.

У роботі проведено аналіз телеметричних Tlog-файлів, сформованих автопілотом БПЛА у процесі реальної експлуатації. Дослідження проводилось на основі аналізу параметрів швидкості польоту, струму споживання, напруги живлення, висоти, а також керуючих сигналів автопілота. Обробка даних виконувалась для телеметрії формату MAVLink, яка характеризується значною кількістю параметрів, нерівномірною частотою дискретизації та наявністю пропусків або службових значень.

Для підвищення достовірності аналізу реалізовано попередню обробку телеметричних даних, яка включала фільтрацію некоректних значень, усунення передстартових ділянок польоту та нормалізацію часової шкали. Виділення ділянок активної роботи двигуна здійснювалось за параметром керуючого сигналу. Для зменшення впливу високочастотних коливань та шумів застосовано метод ковзного середнього, що дозволило підвищити стійкість подальшого аналізу режимів польоту.

Оцінювання рівномірності польоту виконувалось за критерієм відносної зміни швидкості між сусідніми вибірками телеметрії. На основі отриманих даних визначались ділянки усталеного режиму роботи електродвигуна та перехідні процеси, пов'язані зі зміною режимів роботи або маневруванням БпЛА. Такий підхід дозволяє кількісно оцінювати тривалість стабільних режимів польоту та їх вплив на енергоспоживання системи.

За результатами дослідження встановлено взаємозв'язок між керуючими сигналами автопілота та параметрами енергоспоживання БпЛА. Отримані результати свідчать, що переважну частину польотного часу займають усталені режими, для яких характерна незначна або плавна зміна швидкості. Середнє значення частки рівномірного польоту становить близько 76,8%, що свідчить про домінування квазіусталених режимів роботи електродвигуна під час польоту. Це вказує на доцільність подальшого аналізу та оптимізації режимів роботи електродвигуна саме на усталених ділянках польоту, які займають найбільшу частину часу та створюють передумови для підвищення енергоефективності безпіотної авіаційної системи.

І.Д. Горняков, Л.П. Кривизюк

Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного

ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНІЧНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ СИСТЕМ ВІДПОВІДНО ДО ПОКЛАДЕНИХ ЗАВДАНЬ ТА НАПРЯМКИ ЇХ МОДЕРНІЗАЦІЇ

Безпілотні авіаційні системи (далі – БпАС) класифікуються за декількома взаємопов'язаними критеріями, а саме за злітною масою, практичною висотою і тривалістю польоту, рівнем автономності, призначенням та типом корисного навантаження. Відповідно до рівня виконуваних завдань розрізняють тактичні, оперативні та стратегічні БпАС, технічні характеристики яких суттєво відрізняються і зумовлюють різні підходи до їх модернізації.

БпАС тактичного призначення масою до 25 кг орієнтовані на ведення ближньої розвідки та спостереження, коригування вогню артилерії, ретрансляцію сигналів зв'язку і нанесення точкових ударів на глибину до 50 кілометрів. Їхні технічні можливості визначаються насамперед характеристиками систем корисного навантаження – оптичних, інфрачервоних та мультиспектральних камер. Апарати оперативного рівня здатні виконувати польоти тривалістю до 24 годин і більше на висотах від 3

до 9 кілометрів, забезпечуючи безперервне спостереження у смузі відповідальності з'єднання. Стратегічні БпАС відзначаються надвисокою тривалістю польоту, значною вантажопідйомністю і можливістю застосування широкої номенклатури засобів ураження.

За своїм призначенням БпАС поділяються на розвідувальні, ударні, розвідувально-ударні, радіоелектронної боротьби, ретрансляційні та багатофункціональні. Кожен клас характеризується специфічним набором бортових систем: розвідувальні – багатодіапазонними сенсорами та системами обробки зображень; ударні – системами прицілювання і підвіски боєприпасів; РЕБ-платформи – широкодіапазонними приймачами і передавачами завад.

Основними напрямками модернізації існуючих БпАС є: підвищення енергоефективності шляхом переходу на гібридні силові установки або воднево-паливні елементи; вдосконалення бортових систем стабілізації та наведення корисного навантаження; розширення пропускної здатності захищених каналів передачі даних; впровадження бортових засобів протидії засобам РЕБ противника; оснащення системами технічного зору для автономного виявлення та класифікації цілей.

Пріоритетними напрямками дообладнання за результатами бойового досвіду є: встановлення систем постановки активних і пасивних перешкод; інтеграція резервних каналів зв'язку, зокрема через низькоорбітальні супутникові системи; оснащення апаратами нічного бачення та тепловізійними прицілами; розробка і монтаж засобів захисту від кінетичного перехоплення. Перспективи подальшого розвитку технічних можливостей БпАС пов'язані із впровадженням технологій штучного інтелекту для автономної навігації, розпізнавання цілей і прийняття рішень, а також з активним застосуванням адитивного виробництва в ході виробництва конструктивних елементів.

І.С. Задорожний, С.І. Байцурак, Д.В. Рибачок, О.М. Шинкаренко

Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДИКИ ІНТЕГРАЛЬНОГО ОЦІНЮВАННЯ UCE НА БАЗІ АНР ПРИ ВИПРОБУВАННІ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ (БПЛА, ЛІТАКІВ, ГЕЛІКОПТЕРІВ)

Сучасний розвиток авіаційної техніки характеризується стрімким зростанням складності авіаційних платформ, збільшенням кількості функціональних підсистем, інтеграцією цифрових технологій, елементів штучного інтелекту, автоматизованих систем управління, високоточної зброї та засобів ситуаційної обізнаності. Особливо інтенсивно ці процеси відбуваються у сфері безпілотних авіаційних комплексів, роботизованих платформ, ударних БПЛА, а також модернізованих літаків і вертольотів. За таких умов класичні підходи до оцінювання ефективності авіаційної техніки, що ґрунтуються переважно на окремих технічних характеристиках, уже не забезпечують повноцінного врахування усіх факторів, які впливають на результативність виконання бойових і спеціальних завдань.

Традиційні методики випробувань здебільшого орієнтуються на аналіз окремих параметрів, таких як швидкість, дальність польоту, бойове навантаження, точність ураження або живучість. Однак сучасні авіаційні системи є складними багатофункціональними комплексами, ефективність яких визначається сукупністю взаємопов'язаних критеріїв. Зокрема, для сучасних БПЛА критичне значення мають не лише льотно-технічні характеристики, а й рівень автономності, стійкість до засобів радіоелектронної боротьби, можливості інтеграції до мережецентричних систем управління, швидкість обробки інформації, ефективність систем штучного інтелекту та ситуаційної обізнаності.

У зв'язку з цим актуальним напрямом розвитку систем випробувань є застосування багатокритеріальних методів підтримки прийняття рішень. Одним із найбільш ефективних інструментів у даній сфері є метод аналізу ієрархій АНР (Analytic Hierarchy Process), запропонований Томасом Сааті. Метод АНР дозволяє формалізувати експертні судження, виконувати попарні порівняння критеріїв, визначати їх відносну важливість та формувати інтегральні показники ефективності складних технічних систем.

Особливу перспективність для авіаційної галузі має поєднання АНР із моделлю інтегрального критерію ефективності UCE (Universal Criterion of Effectiveness). Такий підхід забезпечує можливість комплексного оцінювання бойових та експлуатаційних характеристик авіаційної техніки на основі багаторівневої ієрархічної структури критеріїв. На відміну від класичних методів ранжування, методика UCE/АНР дозволяє одночасно враховувати як кількісні, так і якісні параметри, включаючи експертні оцінки, параметри невизначеності та критерії.

При випробуванні БПЛА методика UCE/АНР може бути використана для інтегрального оцінювання таких груп критеріїв, як бойова ефективність, ефективність ураження, ситуаційна обізнаність, автономність, живучість, РЕБ-стійкість, оперативність управління, ефективність сенсорних систем та економічна доцільність. Для ударних БПЛА важливими стають параметри ймовірності виявлення та ураження цілей, точності навігації, стабільності каналів зв'язку, часу реакції систем керування та здатності діяти в умовах активного радіоелектронного протидіяння.

Однією з головних переваг методики АНР є можливість декомпозиції складної задачі на окремі ієрархічні рівні. Це дозволяє уникнути надмірної кількості безпосередніх порівнянь великої кількості параметрів та підвищує узгодженість експертних оцінок. На верхньому рівні можуть оцінюватися узагальнені групи критеріїв, а на нижчих рівнях – конкретні технічні характеристики окремих підсистем авіаційної техніки. Важливою особливістю методу Сааті є також можливість перевірки логічної узгодженості експертних суджень за допомогою індексу узгодженості.

Практична цінність методики UCE/АНР полягає у можливості її застосування як на етапі проектування авіаційної техніки, так і під час державних, відомчих та порівняльних випробувань. Методика дозволяє проводити інтегральне порівняння альтернативних зразків авіаційної техніки, оцінювати вплив модернізації окремих підсистем на загальну ефективність, визначати найбільш критичні параметри та формувати рекомендації щодо пріоритетних напрямів удосконалення.

Особливо перспективним є застосування UCE/АНР у сфері безпілотних авіаційних систем, де велика кількість параметрів має нечіткий або ймовірнісний характер. Наприклад, оцінювання ефективності систем штучного інтелекту, автоматичного супроводу цілей, автономної навігації, стійкості до спуфінгу GPS або ефективності алгоритмів розпізнавання об'єктів часто неможливо здійснити лише традиційними статистичними методами. У таких умовах метод АНР забезпечує можливість інтеграції експертних знань із формалізованими математичними процедурами.

Таким чином, використання методики інтегрального оцінювання UCE на базі АНР є перспективним напрямом розвитку систем випробувань сучасної авіаційної техніки. Її застосування дозволяє підвищити об'єктивність оцінювання, забезпечити комплексний аналіз багатокритеріальних параметрів та адаптувати процес випробувань до вимог сучасних мережецентричних і високотехнологічних бойових дій. Подальший розвиток даного підходу доцільно спрямувати на інтеграцію методів нечіткої логіки, систем підтримки прийняття рішень, елементів машинного навчання та автоматизованого аналізу великих масивів випробувальної інформації.

Ю.В.Сікірда, І.О.Сироїжка

Українська державна льотна академія

ІНТЕГРАЦІЯ ПРОЦЕДУР СПІЛЬНОГО ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У ПРОЦЕСИ ІНЖЕНЕРНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ БПЛА

Інтенсивне використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) у різних сферах вимагає забезпечення їхньої високої надійності та готовності. Традиційні стратегії технічного обслуговування (ТО) БПЛА літакового типу базуються на обслуговуванні за напруцюванням, що передбачає проведення робіт через фіксовані інтервали часу або нальоту, та за відмовою, тобто ремонті чи заміні вузлів лише після їх виходу з ладу. Перший підхід часто призводить до необґрунтованих витрат на заміну ще цілком працездатних компонентів, тоді як другий є абсолютно неприпустимим для систем, що безпосередньо впливають на безпеку польоту. Суттєвий недолік цих підходів полягає в тому, що вони не враховують індивідуальні особливості експлуатації кожного БПЛА, такі як погодні умови, інтенсивність використання чи специфіка завдань. Це, у свою чергу, знижує загальну ефективність системи технічного забезпечення.

Для вирішення цієї проблеми концепція інженерної оптимізації ТО БПЛА пропонує перехід до обслуговування за фактичним станом (*Condition-Based Maintenance*) та предиктивного обслуговування. Це вимагає безперервного збору й аналізу великих масивів даних телеметрії в режимі реального часу, а також використання математичного моделювання та алгоритмів машинного навчання. Завдяки цьому стає можливим прогнозування залишкового ресурсу критичних компонентів (акумуляторних батарей, двигунів, елементів конструкції) і формування оптимальних графіків ТО з мінімізацією часу простою. Однак суто алгоритмічна оптимізація часто стикається з неповнотою вхідних даних або непередбачуваністю зовнішніх факторів експлуатації. Саме через це виникає об'єктивна необхідність залучення експертних знань на етапі ухвалення рішень.

З огляду на це, інтеграція процедур спільного прийняття рішень (*Collaborative Decision Making – CDM*) стає ключовим елементом сучасної системи ТО. CDM – це процес, у якому кілька учасників об'єднують свої знання, досвід та аналітичні дані для вибору найкращого варіанту дій. У сфері експлуатації БПЛА така система ефективно поєднує аналітичні модулі на базі штучного інтелекту, які генерують прогнози та пропонують первинні варіанти оптимізації графіків, інженерів з експлуатації, що оцінюють реалістичність цих рішень з огляду на доступність ресурсів та персоналу, та керівників місій, які надають інформацію про пріоритетність поточних завдань і допустимі ризики для конкретного вильоту.

Процес впровадження таких процедур в оптимізацію ТО передбачає послідовну реалізацію кількох етапів. Насамперед формується єдиний інформаційний простір, що об'єднує бази даних телеметрії, історію обслуговування, інформацію про наявність ресурсів та плани місій. На основі цих комплексних даних проводиться багатокритеріальний аналіз та розробляються моделі для оцінки альтернативних сценаріїв ТО за критеріями мінімізації ризиків відмови й витрат та максимізації готовності апаратів. Далі алгоритми предиктивної аналітики автоматизовано генерують декілька альтернативних планів обслуговування, після чого застосовуються методи експертного оцінювання (наприклад, метод аналізу ієрархій) для досягнення консенсусу та вибору оптимального варіанта. Таким чином відбувається калібрування математичних рішень реальним людським досвідом.

Важливим завершальним етапом є забезпечення адаптивного зворотного зв'язку, коли результати ухвалених рішень та їхні наслідки фіксуються в системі для до навчання алгоритмів і підвищення точності майбутніх прогнозів.

Запровадження такого інтегрованого підходу забезпечує низку суттєвих переваг:

- підвищення обґрунтованості рішень завдяки поєднанню обчислювальних потужностей з інтуїцією експертів;

- значну гнучкість системи та її здатність швидко реагувати на зміни в оперативній обстановці;

- точніше планування запасів комплектуючих і завантаженості персоналу;
- зростання загальної довіри до систем штучного інтелекту завдяки прозорому контролю з боку людини.

Підсумовуючи, можна стверджувати, що перехід від жорстко детермінованих регламентів до гнучких, оптимізованих процесів, де штучний інтелект працює в синергії з людським досвідом (концепція *Human-in-the-Loop*), є логічним кроком. Це дозволяє гарантувати високу надійність парку БПЛА, а також й суттєво оптимізувати експлуатаційні витрати, відкриваючи широкі перспективи для подальших досліджень у напрямі розроблення математичних моделей підтримки групових рішень, адаптованих до специфіки різноманітних безпілотних комплексів.

П.М.Стешенко, С.О.Богославець, Н.С.Кібіткіна

Державний науково-дослідний інститут авіації

ДЕЯКІ АСПЕКТИ ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ СИСТЕМ (КОМПЛЕКСІВ) СИЛ ОБОРОНИ УКРАЇНИ

На виконання положень “Доктрини з вивчення та впровадження досвіду в Збройних Силах України”, затвердженої начальником Генерального штабу Збройних Сил України від 30 червня 2020 року, Державним науково-дослідним інститутом авіації у рамках оперативного завдання було проведено дослідження з вивчення організаційних і технічних особливостей набуття досвіду силами оборони України у 2022 – 2025 роках за напрямом розвитку безпілотних авіаційних систем та комплексів (далі – БпАС(К)).

Зазначені дослідження показали, що наряду з тим, що БпАС(К) займають і постійно нарощують свою роль у загальній системі озброєнь в Україні та інших країнах світу, існує неповна відповідність процесів розвитку вітчизняних БпАС(К) потребам Збройних Сил України та інших складових частин сил оборони України. Ця невідповідність характеризується певною хаотичністю виконання робіт із забезпечення життєвого циклу БпАС(К), відсутністю системного, комплексного, цілеспрямованого, уніфікованого підходу до розвитку науково-виробничої бази та впровадження науково-технічних досягнень.

За результатами проведених досліджень розроблено “Методичні рекомендації щодо інноваційного розвитку безпілотних авіаційних систем” (далі – Рекомендації), затверджені заступником Міністра оборони України від 09.03.2026 № 1126/уд.

Зазначені Рекомендації визначають погляди щодо основних напрямів діяльності органів військового управління та науково-дослідних установ в галузі БпАС(К) у частині, що стосується інноваційного та системного підходу до забезпечення життєвого циклу зразків.

Так, основними напрямками діяльності для забезпечення інноваційного розвитку БпАС(К) є:

- проведення організаційно-штатних заходів;
- впровадження технологій штучного інтелекту;
- розвиток і мініатюризація бортового та наземного устаткування;
- використання найсучасніших матеріалів і технологій виробництва;
- розвиток технічної системи підтримки;
- стандартизація і уніфікація;
- вивчення досвіду (власного і противника);
- науково-технічне супроводження усіх заходів.

Водночас змістом науково-технічного супроводження розвитку БпАС(К) є обґрунтування та проведення заходів цілеспрямованого своєчасного коригування дій споживачів і виконавців науково-технічної продукції: звітів про науково-дослідні роботи та оперативні завдання, національних та військових стандартів,

класифікаторів та кодифікаторів, методичних рекомендацій та інших документів, що пов'язані з розвитком та оснащенням БпАС(К) сил оборони України.

Досвід Державного науково-дослідного інституту авіації показує, що доволі ефективним є постійний та тісний інформаційний зв'язок між науковцями, конструкторами, програмістами, інженерами, командирами \ начальниками, операторами БпАС(К) та іншими фахівцями, що діють у сфері безплотної авіації.

З огляду на зазначене вважається за доцільне створення \ призначення наукового структурного підрозділу (науково-дослідний інститут, науковий центр, науково-дослідне управління тощо) з метою ініціювання та організації науково-технічного супроводження заходів із формування задуму, розроблення БпАС, виготовлення дослідних зразків, випробувань, поставлення на серійне виробництво, використання за призначенням, ремонту, модернізації, вилучення та утилізації, а також прогнозування потреб щодо створення перспективних зразків.

Такий науковий структурний підрозділ має забезпечувати за напрямом науково-технічного супроводження розвитку БпАС(К) взаємодію з усіма заінтересованими сторонами процесу технічного розвитку БпАС(К), а саме між такими органами військового управління та установами: Міністерство оборони України, Генеральний штаб Збройних Сил України, командування видів, родів військ (сил) Збройних Сил України, інші складові сил оборони України, підприємства військово-промислового комплексу України та країн-партнерів, військові частини тощо.

О.Е.Хрулев

Українська державна льотна академія

МОДЕЛЬ ТА ПРОГРАМА ENGPDRIVE ДЛЯ ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ГВИНТОМОТОРНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ВИСОКОШВИДКІСНОГО БПЛА

В даний час переважна більшість БПЛА використовують технології 110-120 річної давності, а саме поршневий двигун і гвинт постійного кроку, що не дає можливості збільшення швидкості польоту понад швидкості перших аеропланів 20-го століття. Спроби використання реактивних двигунів – турбореактивних і пульсуючих повітряно-реактивних, поки що не можуть вважатися повністю успішними внаслідок серйозних технологічних труднощів. При цьому практично ніхто не розглядає найпростіший і очевидніший варіант збільшення швидкості польоту та створення високошвидкісних БПЛА на існуючій моторній базі – маючи вже базовий поршневий двигун, покращити його експлуатаційні характеристики на

високих швидкостях польоту шляхом оптимізації та правильного вибору параметрів гвинтомоторної установки, у тому числі використанням редуктора і гвинта змінного кроку.

Для вирішення цих проблем була розроблена спеціальна математична модель та програма EngPDrive, яка призначена для попереднього інженерного підбору повітряного гвинта для заданого двигуна, типу приводу гвинта та швидкості польоту. Програма визначає діаметр гвинта, передатне відношення редуктора, кількість лопатей і робочий кут встановлення лопаті, які забезпечують узгодження гвинта з двигуном за потужністю та тягу гвинта в основному польотному режимі з перевіркою злітного режиму.

Модель базується на карті характеристик гвинта у вигляді залежностей коефіцієнтів тяги і потужності від відносної ходи гвинта та кута встановлення лопаті. У поточній реалізації використовується базова карта дволопатевого швидкосного гвинта НАСА. Для трилопатевого і чотирилопатевого гвинтів застосовується наближена поправка на кількість лопатей. Програма також використовує відносну карту характеристик одного з високопродуктивних двигунів Rotax, що відображає відносну потужність залежно від відносних оборотів та положення дросельної заслінки. Це дозволяє задавати тільки максимальну потужність та частоту обертання колінчастого валу при даному рівні потужності для будь-якого двигуна та автоматично знаходити потрібну точку на карті характеристик.

Програма підтримує чотири конфігурації гвинтомоторної установки: гвинт фіксованого кроку з прямим приводом; гвинт фіксованого кроку з приводом через редуктор; гвинт змінного кроку з прямим приводом та гвинт змінного кроку з приводом через редуктор.

У загальному випадку для кожної комбінації діаметра гвинта, передатного відношення редуктора та кількості лопатей програма розраховує відносну ходу і необхідний коефіцієнт потужності, за картою гвинта знаходить кут лопаті, за якого гвинт поглинає доступну потужність двигуна, визначає коефіцієнт тяги, далі розраховує тягу і перевіряє той самий варіант (кандидат) у злітному режимі. Так, у режимі фіксованого кроку, оскільки кут лопаті не може змінюватися, програма шукає таку частоту обертання двигуна, за якої потрібна потужність гвинта відповідає доступній потужності двигуна за його швидкісною характеристикою. У режимі змінного кроку кут лопаті розглядається як змінна розрахункова величина. У конфігурації з прямим приводом частота обертання гвинта дорівнює частоті обертання двигуна, а у конфігурації з редуктором програма виконує пошук у заданому діапазоні передатного відношення редуктора. Воно підбирається разом із діаметром гвинта та кількістю лопатей. Це дозволяє знайти конфігурацію, де гвинт працює у придатній області карти характеристик і залишається узгодженим із частотою обертання та потужністю двигуна.

За результатами розрахунку програма видає найкращу знайдену конфігурацію гвинта: діаметр, передатне відношення редуктора, кількість лопатей і робочий кут лопаті. Для режимів польоту окремо визначаються

тяга, споживана потужність, відносна хода, коефіцієнти та ККД гвинта, а також частота обертання, гвинтове число Маха та витрата палива.

При роботі гвинта в широкому діапазоні швидкостей польоту програма може автоматично вмикати вбудований регулятор, щоб уникнути надмірного розкручування двигуна. Регулятор прикриває дросельну заслінку та знижує потужність двигуна, коли на високих швидкостях польоту гвинт стає надто “легким”. На низьких швидкостях при перевантаженні двигуна регулятор також може автоматично переходити з режиму підтримки постійних обертів максимальної потужності до режиму зовнішньої швидкісної характеристики двигуна. А ще регулятор дозволяє двигуну працювати на частково прикритій дросельній заслінці, якщо вибрано її проміжне положення в діапазоні 0.3-1.0.

Таким чином, програма EngPDrive дозволяє побудувати швидкісну характеристику вибраної гвинтомоторної установки та порівнювати її чотири конфігурації: фіксований крок із прямим приводом, фіксований крок із редуктором, змінний крок із прямим приводом і змінний крок із редуктором. Основні критерії порівняння — тяга в основному режимі, тяга на зльоті, витрата палива, ККД, діаметр гвинта, передатне відношення редуктора, кількість лопатей, гвинтове число Маха та можливість роботи в межах допустимої області карти гвинта за двома законами регулювання двигуна — на режимі максимальної потужності та за зовнішньою швидкісною характеристикою двигуна.

Аналогічних програм в даний час не існує — всі відомі програми працюють або з електричним приводом гвинта, або лише відповідають на питання “яку тягу дасть гвинт”, але нездатні відповісти на головне питання конструктора БПЛА “який гвинт і редуктор потрібен для даного поршневого двигуна в заданому діапазоні швидкостей польоту”. Вирішення цих питань дозволяє використовувати розроблену програму як складову частину більш загальної програми моделювання високошвидкісного БПЛА, що вже виконується у рамках наступного етапу даного дослідження.

Розділ IV.

ВПРОВАДЖЕННЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЗВ'ЯЗКУ, НАВІГАЦІЇ І СПОСТЕРЕЖЕННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ПРИ ВИКОНАННІ ПОЛЬОТІВ БЕЗПІЛОТНИХ І ПІЛОТОВАНИХ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН

Л.М.Андрєєва

Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного

АЛГОРИТМ ПРОГНОЗУВАННЯ ВТРАТИ КЕРУВАННЯ БЕЗПІЛОТНИМИ ЛІТАЛЬНИМИ АПАРАТАМИ В УМОВАХ ДІЇ ЗАСОБІВ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ БОРОТЬБИ

Інтенсивне застосування безпілотних літальних апаратів (БпЛА) у сучасному збройному протистоянні суттєво змінює характер ведення бойових дій. Безпілотні комплекси широко використовуються для аеророзвідки, коригування артилерійського вогню, моніторингу обстановки, супроводу підрозділів та виконання ударних завдань.

Разом із розширенням функціональних можливостей БпЛА зростає вплив засобів радіоелектронної боротьби противника, спрямованих на порушення каналів управління, придушення навігаційних сигналів та дестабілізацію польотних параметрів.

Практика застосування безпілотних систем у підрозділах Збройні Сили України демонструє, що однією з найпоширеніших причин втрати апаратів є порушення стійкості управління під впливом засобів РЕБ.

У зв'язку з цим особливо актуальним є створення алгоритмів прогнозування, здатних завчасно виявляти ознаки наближення критичного режиму та забезпечувати автоматичне реагування системи.

Наукова актуальність дослідження

Наукова актуальність теми полягає у необхідності розроблення адаптивних інтелектуальних систем управління, здатних функціонувати в умовах інформаційної невизначеності та активного радіоелектронного впливу.

Перехід від реактивного реагування до прогнозного аналізу дозволяє:
підвищити живучість безпілотних платформ;
зменшити кількість втрат;
забезпечити автономне коригування польоту;
підвищити стійкість каналів зв'язку;
покращити ефективність виконання бойових завдань.

Особливе значення це має для українських підрозділів, які застосовують безпілотні комплекси в умовах постійної радіоелектронної протидії.

Основний матеріал дослідження

Алгоритм прогнозування втрати керування базується на безперервному аналізі телеметричних параметрів польоту.

До основних параметрів належать:
рівень сигналу управління;
стабільність навігаційного сигналу;
затримка передавання команд;
точність дотримання маршруту;
стабільність висоти польоту;

швидкість реакції автопілоту.

Система виконує постійне порівняння поточних показників із допустимими межами.

У разі виявлення стійкої тенденції до погіршення параметрів алгоритм формує прогноз щодо можливого часу втрати керування та автоматично визначає найбільш доцільний сценарій реагування.

Такий сценарій може передбачати:

- зміну висоти польоту;
- перехід на резервний канал зв'язку;
- корекцію маршруту;
- автономне повернення;
- аварійне завершення місії.

Приклади практичного застосування

Під час застосування розвідувального комплексу Лелека-100 алгоритм здатний виявити поступове зниження стійкості сигналу та визначити загрозу втрати зв'язку ще до настання критичного стану.

У такій ситуації система автоматично переводить апарат на резервний маршрут і здійснює корекцію висоти польоту для виходу із зони радіоелектронного пригнічення.

Подібний підхід може застосовуватися і на комплексах Shark, де алгоритм аналізує зміну навігаційної стабільності та активує режим автономного повернення.

Практичне значення такого рішення полягає у збереженні літального апарата та забезпеченні виконання бойового завдання навіть в умовах активної протидії.

Наукова новизна

Наукова новизна дослідження полягає у запропонованні адаптивного алгоритму прогнозування втрати керування, орієнтованого на специфіку бойового застосування безпілотних комплексів.

Новизна полягає у:

- поєднанні аналізу телеметричних параметрів і стану навігаційного каналу;
- використанні прогнозного підходу до оцінювання критичних станів;
- формуванні автоматизованих сценаріїв реагування;
- адаптації алгоритму до умов активного застосування засобів РЕБ.

Особливістю запропонованого підходу є його практична орієнтованість на використання в системах управління БпЛА підрозділів Збройні Сили України.

Висновки

Отже, алгоритм прогнозування втрати керування БпЛА в умовах РЕБ базується на багатофакторному аналізі телеметричних параметрів, розрахунку інтегрального коефіцієнта загрози та автоматичному виборі адаптивного сценарію реагування для збереження стійкості польоту в бойових умовах.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на інтеграцію алгоритму з системами штучного інтелекту для автоматичного адаптивного управління польотом.

***Т.В. Бершадська, Р.В. Міщенко, В.О. Колесник, О.Г. Д'яков,
Т.В. Паращенко***

Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки

ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ЯК ПОВІТРЯНИХ РЕТРАНСЛЯТОРІВ

Попри високу ефективність сучасних систем радіозв'язку, існують певні обмеження щодо дальності передавання сигналу, які зумовлені фізичними та електромагнітними явищами. Передача сигналу в радіомережах залежить від низки факторів, що впливають на його поширення та якість прийому.

Одним із основних факторів, що обмежують діяльність зв'язку, є ослаблення сигналу зі збільшенням відстані. Чим більшу дистанцію проходить сигнал, тим більше зменшується його енергія, що призводить до погіршення інтенсивності та якості прийому.

Крім цього на шляху поширення радіохвиль можуть виникати різноманітні перешкоди, зокрема гори, споруди та інші об'єкти, які частково поглинають, блокують або відбивають сигнал, спричиняючи затінення та багатопроменеве поширення. Такі явища можуть викликати спотворення сигналу та зниження стабільності зв'язку.

Для подолання обмежень, пов'язаних із дальністю та якістю радіозв'язку, широко застосовуються ретранслятори. Використання ретрансляційних систем дозволяє підвищити стабільність та надійність передачі даних, особливо в умовах значних відстаней або наявності природних і штучних перешкод.

Ретранслятор використовується для прийому та повторної передачі сигналу з метою збільшення дальності зв'язку. Основними складовими ретранслятора є приймальний і передавальний модулі. Приймач здійснює прийом вхідного сигналу, після чого виконується його обробка та підсилення. Далі підсилений сигнал передається передавачем на значно більшу відстань, ніж це можливо при прямій передачі початкового сигналу.

Застосування ретрансляторів є особливо актуальним у випадках, коли необхідно забезпечити стабільний зв'язок на значних відстанях або в місцевостях зі складними географічними умовами. Такі системи широко використовуються у мобільному зв'язку, радіомовленні, роботі аварійно-

рятувальних служб та інших сферах, де критично важливими є надійність і якість передачі інформації.

Використання безпілотних літальних апаратів як повітряних ретрансляторів створює можливість розширення зони радіопокриття у важкодоступних або стратегічно важливих районах.

БПЛА можуть оперативно розгортатись та підійматись на необхідну висоту для забезпечення оптимальних умов поширення радіосигналу і зменшення впливу перешкод та шумів.

Отже, застосування літальних апаратів як ретрансляторів є перспективним напрямком розвитку сучасних систем зв'язку. Такі рішення забезпечують мобільність, оперативність та ефективність передавання інформації в умовах відсутності стаціонарної інфраструктури.

Подальші дослідження мають бути спрямовані на підвищення автономності польоту, стійкості каналів зв'язку та оптимізацію роботи мереж повітряних ретрансляторів.

С.В. Запорожець, В.О. Колесник, Б.А. Ступка

Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки

ЗАСТОСУВАННЯ НАВІГАЦІЙНИХ СИСТЕМ В УМОВАХ ВПЛИВУ АКТИВНИХ РАДІОПЕРЕШКОД

У сучасних умовах розвиток і застосування озброєння та військової техніки спрямовані на вирішення завдань з виявлення об'єктів ураження, передачі інформації, а також в ефективному управлінні літальних апаратів (далі – ЛА). Рівень ефективності виконуваних ЛА завдань суттєво залежить від точності і достовірності отримуваних навігаційних параметрів (координат, швидкості), що використовуються його системою управління.

Досвід відбиття збройної агресії з боку росії, а також практика ведення світових воєнних конфліктів упродовж останніх десятиріч свідчать про ефективність застосування високоточної зброї, яка дозволяє здійснювати оперативне ураження відповідних цілей в зонах ведення воєнних дій. З огляду на це, доволі гострою проблемою сьогодення є розвиток та запровадження ефективних завадозахищених систем навігації для ЛА військового призначення, які здатні забезпечувати ефективне виконання функціональних завдань в умовах радіоелектронної протидії.

Сьогодні існує значна кількість навігаційної апаратури різного призначення, рівня точності та вартості, але тенденцією останніх років стало широке використання апаратури супутникових навігаційних систем (далі –

СНС), що можуть забезпечувати систему управління ЛА високоточними навігаційними даними. Сучасна авіація та робототехніка використовують чисельний комплекс СНС, які охарактеризовано в доповіді та розподілено на кілька основних категорій з урахуванням принципів їх дії (Глобальна навігаційна супутникова система (Global Navigation Satellite System, далі – GNSS), Інерціальна навігаційна система (Inertial Navigation System, далі – INS), радіонавігаційні системи (наземні), візуальна та оптична навігація, геофізична навігація, акустична навігація, гібридні системи).

GNSS стала базовою інфраструктурою для військової авіації, забезпечуючи вирішення задач позиціонування, навігації та синхронізації часу для широкого класу повітряних платформ, у тому числі пілотованих ЛА та безпілотних літальних апаратів (далі – БпЛА).

Проведене дослідження показало, що наразі в Україні використовується повний спектр GNSS. Зважаючи на те, що територія її застосування перебуває в зоні активних бойових дій та інтенсивного використання засобів радіоелектронної боротьби (далі – РЕБ), практичний підхід до функціональної реалізації цих систем від початку широкомасштабного вторгнення агресора й до сьогодні набув свого розвитку.

В доповіді наведено характеристику видів систем глобальної навігаційної супутникової системи GNSS, що застосовуються в Україні (GPS, Galileo, BeiDou, ГЛОНАСС). Однак усі радіотехнічні системи, в тому числі й GNSS, мають низький рівень захищеності від організованого радіоелектронного впливу і можуть бути виведені з ладу засобами РЕБ. Тому GNSS не можуть розглядатись як основне джерело навігаційної інформації для систем управління ЛА військового призначення, а підвищення рівня радіоелектронного захисту таких систем управління є актуальною науково-технічною задачею.

На сучасному етапі розвитку СНС ЛА переживають період радикальної трансформації. Головним драйвером до запровадження інноваційних рішень і змін є поєднання високих темпів зростання загроз, викликаних застосуванням засобів РЕБ та стрімкого розвитку технологій штучного інтелекту.

З огляду на це, доволі гострою проблемою сьогодення є розвиток та запровадження ефективних завадозахищених систем навігації для ЛА військового призначення, які здатні забезпечувати ефективне виконання функціональних завдань в умовах радіоелектронної протидії.

Дослідження та аналіз сучасних розробок у галузі протидії засобам РЕБ показало наявність низки методів протидії впливу активних радіоперешкод на СНС, яку використовують вітчизняні та іноземні розробники: мультисистемність і багаточастотність; просторова селекція сигналів і подавлення сигналу перешкод; передкореляційне оброблення суміші сигналів і перешкод; алгоритмічне посткореляційне оброблення сигналу; комплексування із зовнішніми джерелами навігаційної інформації.

Отже, захист навігації від засобів РЕБ наразі є найбільш технологічним напрямом протистояння зовнішній військовій агресії в Україні. Це зумовлює необхідність пошуку ефективних інноваційних підходів боротьби. При цьому важливими технологічними рішеннями, які потребують активного впровадження у вітчизняні розробки, вважаємо застосування:

машинного зору для “останньої милі” (Terminal Guidance) – дозволяє здійснити масовану інтеграцію в дрони-камікадзе типу FPV та крилаті ракети власного виробництва;

алгоритмів цифрової кореляції зображень рельєфу місцевості (Digital Scene Matching Area Corelation, DSMAC) – забезпечують адаптацію технології Tomahawk чи Storm Shadow для окремих видів БпЛА-камікадзе великої дальності;

антен з керованою діаграмою направленості (Controlled Reception Pattern Antennas, CRPA) – дозволяє забезпечити стабільну роботу супутникових систем в умовах активного радіоелектронного придушення, що діє на умовах динамічної адаптивності під нові типи завад;

комбінації INS та системи безкартової навігації (Optical Flow) – дозволяє досягнути високоточної, безперервної та цілком автономної навігації;

платформ для тестування та “тренування” штучного інтелекту – дозволяє забезпечити створення та розвиток баз даних.

О.О. Зверєв, Т.Ю. Куровська

Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України

ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ БОРТОВИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИХ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ В УМОВАХ ІНТЕНСИВНОЇ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ ПРОТИДІЇ

На сьогодні безпілотні літальні апарати (БпЛА) тактичного рівня стали основним засобом ураження та розвідки. Але досвід російсько-української війни показує, що більшість БпЛА втрачають керованість та зв'язок в умовах інтенсивного радіоелектронного подавлення. Відкриті канали зв'язку та залежність від супутникової навігації при щільності перешкод понад 200 Вт/МГц практично унеможливають виконання завдання. Тому актуальним завданням є пошук технічних рішень щодо підвищення живучості бортових систем керування БпЛА в умовах активної радіоелектронної протидії.

Першою ключовою проблемою є навігація. На відстані понад 15 км від лінії бойового зіткнення сигнали глобальних навігаційних супутникових систем різко деградують, рівень похибок псевдодальності при цьому сягає 50–100 м. Це унеможливує точне виведення БпЛА в заданий район. Другою проблемою є вразливість каналів телеметрії та відеопередачі. Застосування стандартних протоколів без шифрування та стрибків частоти дозволяє противнику не лише подавляти, а й підміняти команди або перехоплювати відеопотік.

Для розв'язання зазначених проблем пропонується архітектура бортової системи керування, що ґрунтується на трьох принципах. Перший принцип – гібридна навігація, що передбачає інтеграцію інерціальної вимірювальної системи з корекцією за оптичним потоком та барометричним висотоміром. Така комбінація дозволяє підтримувати точність позиціонування 2–5 м протягом десяти хвилин повної втрати супутникового сигналу.

Другий принцип – адаптивний радіоканал з псевдовипадковим перестроюванням робочої частоти зі швидкістю до 5000 стрибків/с у діапазонах 2,4 та 5,8 ГГц. Додаткове використання завадостійких кодів дозволяє коригувати до 30% втрачених пакетів без повторних запитів.

Третій принцип – автономний машинний зір. Застосування згорткової нейронної мережі на бортовому одноплатному комп'ютері, на кшталт Jetson або RPi, забезпечує виявлення та супровід наземних цілей із частотою 15 кадрів/с без участі оператора. Це дозволяє виконувати автоматичне цілевказання навіть при повній втраті радіозв'язку.

Таким чином, запропонована архітектура бортової системи керування дозволяє БпЛА виконувати розвідувально-ударні завдання в умовах інтенсивної радіоелектронної протидії без використання супутникової навігації. Перспективним напрямом подальших досліджень є інтеграція засобів оптичного розпізнавання за принципом “свій – чужий” для дій у щільних бойових порядках. Отримані результати можуть бути використані під час модернізації вітчизняних БпЛА тактичної ланки.

М.І. Іванишин, О.В. Жук

Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного

ВПРОВАДЖЕННЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЗВ'ЯЗКУ, НАВІГАЦІЇ І СПОСТЕРЕЖЕННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ В ХОДІ ВИКОНАННЯ ПОЛЬОТІВ БЕЗПІЛОТНИХ І ПІЛОТОВАНИХ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН

Інтенсивне зростання кількості безпілотних авіаційних систем у спільному повітряному просторі поряд із традиційними пілотованими повітряними суднами (далі – ПС) вимагає кардинального перегляду підходів щодо організації управління повітряним рухом. Впровадження сучасних цифрових технологій зв'язку, навігації та спостереження (CNS – Communication, Navigation, Surveillance) є необхідною умовою забезпечення безпеки польотів в умовах різкого зростання інтенсивності повітряного руху та розширення операційних можливостей безпілотних авіаційних систем (далі – БпАС).

Ключовим елементом цифрової CNS-інфраструктури є система автоматичного залежного спостереження – мовлення (ADS-B), що забезпечує безперервну трансляцію відомостей про місцеположення, вектор швидкості та висоту польоту повітряного судна. Для безпілотних апаратів фахівцями розробляються спеціалізовані рішення на основі технології Remote ID, що дозволяють ідентифікувати БпАС та отримувати дані про його оператора в режимі реального часу без додаткового запиту. Активне впровадження Remote ID є обов'язковою умовою безпечної інтеграції БпАС у несегрегований повітряний простір відповідно до вимог ІКАО та регуляторних органів провідних держав.

Системи зв'язку нового покоління на базі протоколів 4G/5G та низькоорбітальних супутникових сузір'їв відкривають принципово нові можливості для розширення зони дії наземних станцій керування та гарантованої передачі командно-телеметричної інформації на великих відстанях і в умовах складного рельєфу. Застосування захищених криптографічних протоколів обміну даними забезпечує командні канали від несанкціонованого перехоплення та спуфінгу навігаційних сигналів.

Особливу роль у підвищенні безпеки польотів відіграють системи виявлення та уникнення (Detect and Avoid – DAA), що є обов'язковим функціональним компонентом для БпАС, які виконують польоти поза прямою видимістю оператора. Ці системи інтегрують дані від бортових радарів малої дальності, акустичних датчиків та оптико-електронних систем для забезпечення автономного визначення маршруту обходу повітряних об'єктів і перешкод із необхідним запасом безпеки.

Реалізація повного потенціалу цифрових CNS-технологій потребує гармонізації національного законодавства з міжнародними стандартами

ІКАО та нормативними актами EASA щодо сертифікації обладнання і процедур управління безпілотним повітряним рухом (UTM).

Таким чином, комплексне вирішення завдань цифровізації системи управління повітряним рухом стане запорукою безпечного і ефективного функціонування єдиного авіаційного простору, де безпілотні й пілотовані ПС співіснуюватимуть без взаємних загроз для безпеки.

Ю.С. Літневський, Г.В. Лунькова, С.М. Філімонов

Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного

ПІДВИЩЕННЯ ДАЛЬНОСТІ, КОРИСНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ТА ЖИВУЧОСТІ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ СИСТЕМ У СУЧАСНІЙ ЗБРОЙНІЙ БОРОТБІ

У сучасних умовах ведення війни безпілотні авіаційні системи (БПАС) стали одним із ключових елементів розвідки, коригування вогню, логістики та ураження цілей. Досвід російсько-української війни підтвердив, що саме безпілотні системи визначають темп бойових дій, оперативність реагування та ефективність артилерії. Водночас масове застосування засобів радіоелектронної боротьби (РЕБ), систем ППО та засобів радіотехнічної розвідки створює нові виклики для БПЛА. У таких умовах особливого значення набувають три основні характеристики: дальність польоту, корисне навантаження та живучість системи.

Традиційні FPV-дрони та мультироторні платформи, які масово використовуються на тактичному рівні, мають низку обмежень. Основними проблемами є невелика дальність дії (зазвичай 10–15 км), обмежений час польоту (20–40 хвилин) та висока вразливість до засобів РЕБ через залежність від радіоканалів управління і відеопередачі. Це стимулює розвиток нових типів конструкцій, гібридних силових установок, автономних систем навігації та альтернативних джерел енергії.

Одним із найперспективніших напрямків є застосування гібридних конструкцій типу *quadplane* або *hybrid VTOL fixed-wing*. Такі системи поєднують переваги квадрокоптера та літака. Вертикальні ротори забезпечують вертикальний зліт і посадку (VTOL), що дозволяє використовувати апарат без спеціальної злітної смуги, а фіксоване крило забезпечує економічний крейсерський політ на великих дистанціях. У звичайному мультироторному дроні значна частина енергії витрачається на постійне утримання апарата в повітрі. У літаковій схемі крило створює підйомну силу без значних витрат енергії, що дозволяє суттєво збільшити дальність та тривалість польоту.

Практика показує, що quadplane-системи здатні збільшувати дальність польоту з 10–20 км до 50–200 км і більше. Такі рішення активно використовуються для глибокої розвідки, роботи ретрансляторів, доставки боєприпасів та ударних місій. Крім того, апарати літакового типу мають вищу швидкість польоту та можуть діяти на значно більших висотах, що підвищує їхню стійкість до стрілецької зброї та уламків.

Підвищення дальності безпосередньо впливає і на бойову живучість системи. Чим далі оператор знаходиться від лінії фронту, тим складніше виявити пункт управління та подавити канал зв'язку. Крім того, великі дистанції дозволяють виконувати місії поза зоною дії окремих засобів РЕБ та ППО. Особливо важливим це є для ударних БпЛА, ретрансляторів та розвідувальних платформ оперативного рівня.

Не менш важливим є збільшення корисного навантаження. У сучасній війні БпЛА виконують не лише функцію спостереження, але й несуть оптичні системи, тепловізори, лазерні далекоміри, РЕБ-модулі, ретранслятори, боєприпаси та елементи штучного інтелекту. Використання гібридних конструкцій дозволяє суттєво покращити співвідношення між масою апарата та доступною енергією. У результаті сучасні БпАС середнього класу здатні нести 5–23 кг і більше корисного навантаження без критичного скорочення часу польоту.

Окремої уваги заслуговує проблема живучості безпілотних систем. Сучасні конфлікти характеризуються насиченням фронту засобами виявлення та придушення. Тому нові БпЛА розробляються з урахуванням мінімізації помітності. Електричні силові установки мають нижчу акустичну сигнатуру у порівнянні з двигунами внутрішнього згоряння. Крім того, паливні елементи створюють значно менший тепловий слід, що ускладнює виявлення тепловізійними системами та інфрачервоними головками самонаведення.

Підвищення живучості також досягається за рахунок інтеграції елементів штучного інтелекту та автономної навігації. У разі втрати GPS або пригнічення каналу зв'язку БпЛА може використовувати інерційну навігацію, машинний зір та попередньо завантажені карти місцевості. Це дозволяє продовжувати виконання завдання навіть в умовах активної дії РЕБ. Перспективними є системи *swarm intelligence* («ройова взаємодія»), у яких дрони обмінюються даними між собою та автоматично перебудовують маршрути у разі втрати окремих апаратів.

Отже, поєднання гібридних конструкцій типу quadplane, автономних систем управління та технологій штучного інтелекту формує новий етап еволюції безпілотних авіаційних систем. Такі БпЛА стають більш далекобійними, енергоефективними, малопомітними та стійкими до впливу противника. У сучасній високотехнологічній війні саме ці характеристики визначатимуть ефективність безпілотних платформ на тактичному, оперативному та стратегічному рівнях.

Г.В. Лунькова, С.М. Філімонов, Ю.С. Літневський

Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного

СИСТЕМИ АНАЛІЗУ ДАНИХ З БПЛА З ЕЛЕМЕНТАМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Системи аналізу даних з безпілотних літальних апаратів (БПЛА) із використанням штучного інтелекту є ключовим елементом сучасних розвідувально-ударних контурів (ISR/ISTAR). Їх основна функція полягає в автоматизації циклу “виявлення — ідентифікація — супровід — цілевказання — ураження” з мінімальною участю людини.

Інформаційною основою таких систем є мультисенсорні дані: відео у видимому спектрі, інфрачервоні зображення, радіолокаційні сигнали (SAR), телеметрія та геопросторові дані. Обсяг цих даних значно перевищує можливості ручної обробки, що обумовлює необхідність застосування алгоритмів машинного навчання та комп’ютерного зору.

Архітектурно системи будуються за принципом розподіленої обробки з використанням edge- та cloud-компонентів. На рівні сенсорів БПЛА (наприклад, Bayraktar TB2 або RQ-20 Puma) здійснюється первинний збір даних. Частина попередньої обробки може виконуватись безпосередньо на борту (edge AI), що дозволяє зменшити затримки та залежність від каналів зв’язку. Основна аналітика часто переноситься на наземні станції або серверні центри, де використовуються більш потужні обчислювальні ресурси.

Ключовим компонентом є модулі комп’ютерного зору, що реалізують задачі детекції (object detection) із застосуванням глибоких нейронних мереж (CNN, Transformer-based моделі). Вони забезпечують автоматичне виявлення військових об’єктів: бронетехніки, артилерійських систем, транспортних колон, позицій ППО та живої сили. Наступним етапом є класифікація, де система визначає тип об’єкта, його пріоритет та потенційну загрозу.

Функція супроводу цілей (tracking) реалізується через алгоритми багатооб’єктного відстеження (MOT), які дозволяють підтримувати ідентифікацію цілей у часі навіть при часткових перекриттях або втраті сигналу. Це критично важливо для наведення високоточної зброї та коригування артилерійського вогню.

Геоприв’язка (geolocation) є одним із найважливіших елементів системи. Вона базується на поєднанні даних GPS, інерціальних систем та аналізу зображень (vision-based geolocation). Результатом є визначення точних координат цілі, які можуть бути автоматично передані в системи управління вогнем.

У сучасних системах реалізується також поведінковий аналіз, який використовує алгоритми машинного навчання для виявлення аномалій і тактичних патернів. Наприклад, скупчення техніки, зміна маршрутів або

підготовка до атаки можуть бути виявлені автоматично на основі історичних даних.

Практична реалізація таких підходів простежується в ряді реальних систем. Українська система Delta інтегрує дані з різних джерел, включаючи БПЛА, та забезпечує їх візуалізацію і аналітику в єдиному цифровому середовищі. Вона використовується для підвищення ситуаційної обізнаності та координації підрозділів.

Американський проєкт Project Maven демонструє ефективність автоматизованого аналізу відеоданих з БПЛА. Алгоритми системи дозволяють значно скоротити час обробки інформації та зменшити навантаження на операторів, автоматично виділяючи потенційно важливі об'єкти.

Платформа Palantir Gotham реалізує глибоку інтеграцію розвідувальних даних, включаючи дані БПЛА, супутників і наземних сенсорів. Вона підтримує складний аналітичний функціонал, включаючи побудову зв'язків між об'єктами та прогнозування розвитку ситуації.

Система Nivemind орієнтована на автономізацію БПЛА, включаючи навігацію в умовах відсутності GPS та прийняття рішень на борту. Це особливо актуально в умовах активного застосування засобів радіоелектронної боротьби.

У бойових умовах такі системи застосовуються насамперед для артилерійської розвідки, де БПЛА з ШІ забезпечує швидке виявлення цілей і передачу координат у вогневі засоби. Важливим напрямом є контрбатарейна боротьба, де аналіз даних дозволяє виявляти позиції артилерії противника за непрямими ознаками (теплові сліди, спалахи, переміщення).

Окремо варто виділити перспективний напрям — управління роями дронів. У таких системах ШІ виконує функції розподілу задач між БПЛА, координації руху та колективного прийняття рішень, що значно підвищує ефективність розвідки та ураження.

Основними перевагами систем є висока швидкість обробки інформації, зменшення ролі людського фактору, підвищення точності цілевказання та здатність працювати в умовах інформаційного перевантаження. Водночас існують суттєві виклики: залежність від якості даних, вразливість до засобів РЕБ, складність інтерпретації рішень ШІ (black box) та значні вимоги до обчислювальних ресурсів.

Подальший розвиток таких систем пов'язаний із впровадженням мультидомених платформ, інтеграцією з системами управління військами (C4ISR), розвитком edge AI та створенням цифрових двійників поля бою. Очікується, що в майбутньому вони стануть основою повністю автоматизованих розвідувально-ударних комплексів.

А.О.Мавренкова, С.В.Матвійчук

Державний науково-дослідний інститут авіації

ІДЕНТИФІКАЦІЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ МАЛИХ РОЗМІРІВ НА ОСНОВІ ЇХ ЕФЕКТИВНОЇ ПЛОЩІ РОЗСІЮВАННЯ З ЗАСТОСУВАННЯМ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

Сучасні воєнні конфлікти характеризуються широким застосуванням безпілотних літальних апаратів (БпЛА) різних класів. Особливу загрозу становлять малорозмірні малозшвидкісні БпЛА, які використовуються для розвідки, коригування вогню та ураження об'єктів. Їх своєчасне виявлення та ідентифікація є важливим завданням систем протиповітряної оборони та радіолокаційного спостереження. Одним із найбільш ефективних засобів виявлення повітряних об'єктів залишаються радіолокаційні системи, здатні працювати цілодобово, в тому числі, в складних погодних умовах.

Ключовим параметром радіолокаційної помітності об'єкта є ефективна площа розсіювання (ЕПР), яка характеризує здатність цілі відбивати електромагнітне випромінювання у напрямку радара. Як відомо, величина ЕПР залежить від геометричних розмірів, конструктивних особливостей, матеріалів, частоти випромінювання та кута опромінення об'єкта. Для малорозмірних БпЛА характерними є малі значення ЕПР та значні флуктуації відбитого сигналу, що ускладнює їх виявлення традиційними методами.

Авторами проведено аналіз сучасних методів виявлення та ідентифікації повітряних об'єктів, а також досліджено особливості використання ЕПР як інформативної ознаки для розпізнавання (ідентифікації) БпЛА. Досліджено основні фактори, що впливають на величину ЕПР, та особливості її зміни залежно від ракурсу спостереження малорозмірних БпЛА літакового типу. Особливу увагу приділено аналізу флуктуацій ЕПР і можливості використання їх статистичних характеристик для класифікації цілей.

За результатами проведених досліджень було створено 3D-моделі БпЛА I класу літакового типу та виконано математичне моделювання їх ЕПР при різних кутах опромінення і частотах в програмному середовищі MATLAB. Отримані характерні діаграми ЕПР різних типів БпЛА можуть використовуватись як "радіолокаційна портрети" для їх ідентифікації.

Для автоматизації процесу ідентифікації БпЛА розроблено програму на основі нейронної мережі, яка здійснює аналіз значень ЕПР та ідентифікацію БпЛА. Використання алгоритмів штучного інтелекту дозволяє підвищити точність і швидкість обробки радіолокаційної інформації, зменшити вплив людського фактору та забезпечити адаптацію радіолокаційних систем до змін характеристик цілей.

Таким чином, отримані результати можуть слугувати підґрунтям для модернізації радіолокаційних систем спостереження та створення перспективних автоматизованих засобів виявлення й ідентифікації БпЛА, в тому числі, малорозмірних.

В. А. Соловей, О. О. Будзінська

Житомирський військовий інститут імені С. П. Корольова

SAIC: НОВІ ОНТОЛОГІЧНО ЗАМКНЕНІ КОМУНІКАЦІЇ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ БЕЗПЛОТНИМИ АВІАЦІЙНИМИ СИСТЕМАМИ

Сучасні безпілотні авіаційні системи (БпАС) критично залежать від стійкості каналів управління, навігації та координації. В умовах сучасної збройної боротьби саме канали комунікації виступають основною поверхнею впливу засобів радіоелектронної боротьби, радіоелектронної розвідки та кібернетичних атак. Традиційні системи зв'язку залишають стабільні параметри функціонування: частоти, адресацію, часові шаблони передачі та інші метадані, придатні для виявлення й подавлення. Це визначає необхідність переходу до нових архітектур комунікації, у яких приховується структура інформаційного обміну.

У роботі розглядається архітектура SAIC (Security Architecture Invisible Communication) як основа побудови нових онтологічно замкнених комунікацій для управління БпАС. На відміну від традиційних систем, SAIC-комунікації не формують постійного каналу передачі інформації між сторонами. Обмін даними реалізується як дискретна фазово-еволюційна взаємодія між симетричними операційними станами комунікуючих систем. У такій моделі кожен сеанс зв'язку має неповторювані параметри, а структура комунікації не містить стабільних цифрових артефактів, які традиційно виступають об'єктами компрометації.

Ключовою властивістю SAIC є відсутність постійної присутності каналу у радіоефірі. Комунікація здійснюється дискретно: короткочасний сеанс передачі – завершення активності – перехід системи у новий операційний стан – наступний сеанс на інших параметрах взаємодії. У результаті противник не отримує стабільного фізичного каналу для супроводження або подавлення. Кожна нова подія комунікації формує нову фазу системи, що супроводжується зміною параметрів взаємодії, включаючи частотні характеристики, часову структуру та внутрішній контекст комунікації. Для засобів РЕР та РЕБ така модель виглядає як нестабільний фрагментований процес без постійних ознак приналежності до конкретної системи управління.

На відміну від класичних криптографічних систем, SAIC не потребує зовнішніх центрів довіри, серверів сертифікації або постійної ключової інфраструктури. Безпілотна система не ідентифікує відправника через адресні ознаки або цифрові сертифікати, а виконує логічну верифікацію структурної узгодженості отриманого шифрокоду із власним операційним станом. Унаслідок цього архітектура SAIC забезпечує високий рівень автономності в умовах втрати зв'язності або активної протидії противника.

SAIC-комунікації реалізують поміхонезалежну модель взаємодії. Будь-яка модифікація шифрокоду, навіть мінімальна, порушує структурну узгодженість та автоматично виявляється системою на етапі логічної

безпарольної автентифікації. При цьому система не намагається інтерпретувати частково модифіковані дані. У результаті канал або приймає повністю узгоджену подію цілісно, або повністю її відхиляє. Такий підхід виключає накопичення помилкових станів управління БпАС та мінімізує ризик поступової деградації каналу внаслідок зовнішнього впливу.

Важливою особливістю SAIC-комунікацій є механізм локальної деградації замість глобальної компрометації. У випадку порушення структурної узгодженості окремої події система переходить до локальної десинхронізації без розкриття структури каналу або параметрів подальшої взаємодії. Це дозволяє ізолювати наслідки окремого інциденту без руйнування всієї архітектури комунікації. Подальше відновлення взаємодії відбувається без необхідності у зовнішній координації.

Для групових та swarm-систем безпілотних платформ SAIC-комунікації забезпечують можливість децентралізованої фазової координації без використання постійного керуючого вузла. У такій моделі окремі БпАС можуть функціонувати у режимі короточасних імпульсних сеансів зв'язку з подальшим переходом у пасивний режим радіомовчання. Пул безадресних команд, який приймається всіма БпАС swarm-системи, локально верифікується кожною одиницею рою відповідно до її операційного стану. У такій моделі будь-яка одиниця рою може тимчасово виконувати функції координаційного вузла. У такій метаданонейтральній моделі взаємодії противник не отримує можливості аналізувати структуру інформаційного обміну, визначати напрямки передачі команд, оцінювати інтенсивність взаємодії або встановлювати належність окремих сеансів до конкретних безпілотних платформ. Комунікація не формує стабільної топології зв'язку та не створює спостережуваних структур, придатних для атак на системи управління. SAIC-комунікації використовують інформаційно-нейтральні фази взаємодії для підготовки короточасних інформаційно-релевантних сеансів передачі. У такій моделі безпілотні системи можуть здійснювати обмін структурно узгодженими, але інформаційно-нейтральними шифрокодами на одних параметрах радіовзаємодії, після чого переходити до передачі інформаційно-релевантних подій на інших параметрах комунікації.

Оскільки архітектура SAIC забезпечує нерозрізнюваність шифрокодів незалежно від наявності або відсутності відкритого тексту, зовнішній спостерігач не має можливості відокремити інформаційно-релевантний сеанс від фонові фазові взаємодії систем. У результаті засоби РЕР та РЕБ не отримують достатнього часу для адаптації до параметрів реального інформаційного обміну, який онтологічно маскується у загальному потоці фазово-еволюційних подій. Це призводить до деградації або колапсу моделей спостереження противника, оскільки сам факт інформаційної взаємодії перестає бути статистично або структурно ідентифікованою подією.

Таким чином SAIC визначає новий клас комунікаційних архітектур для БпАС, у яких стійкість до РЕБ та РЕР забезпечується онтологічною замкненістю каналу та відсутністю стабільних параметрів комунікації. Відкриваються перспективи створення систем управління БпАС нового покоління, адаптованих до умов високоінтенсивної технологічної війни.

С.М. Філімонов, Г.В. Лунькова, Ю.С. Літневський

Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного

ВИКОРИСТАННЯ MESH-МЕРЕЖ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ДРОНАМИ

Mesh-мережі є децентралізованою архітектурою зв'язку, у якій кожен безпілотний літальний апарат виконує функції приймача, передавача та ретранслятора даних. Такий підхід забезпечує відсутність єдиного центру керування, що істотно підвищує живучість системи в умовах бойового або нестабільного середовища. На відміну від традиційних централізованих систем зв'язку, mesh-архітектура дозволяє підтримувати працездатність мережі навіть при втраті частини вузлів або каналів передачі даних.

Принцип функціонування mesh-мереж у системах БПЛА базується на багатохоповій передачі даних (multi-hop), коли інформація передається між вузлами через проміжні дрони. Мережа здатна динамічно перебудовувати маршрути при зміні топології, переміщенні апаратів або втраті окремих елементів. Для маршрутизації використовуються адаптивні протоколи (OLSR, AODV, BATMAN), які забезпечують автоматичний вибір оптимальних шляхів передачі інформації у реальному часі. Ключовою перевагою mesh-мереж є висока стійкість до втрат вузлів і засобів радіоелектронної боротьби. Завдяки наявності альтернативних маршрутів зв'язку приглушення або знищення окремих каналів не призводить до повної втрати керуваності системи. Додатково кожен новий дрон може виконувати функцію ретранслятора, що дозволяє розширювати зону покриття мережі та збільшувати дальність передачі даних без суттєвого підвищення потужності передавачів. Важливою характеристикою mesh-мереж є масштабованість, що особливо актуально для концепції ройового застосування БПЛА. Такі мережі дозволяють забезпечити координацію великої кількості дронів без централізованого пункту управління, підвищуючи автономність, гнучкість та адаптивність системи в динамічних бойових умовах. Це створює передумови для реалізації колективної взаємодії роїв дронів, автоматичного розподілу задач та формування єдиного інформаційного простору.

Разом із перевагами існує низка технічних і організаційних проблем, які залишаються недостатньо вирішеними. Однією з основних є збільшення затримок передачі даних при багатохоповій маршрутизації, що може негативно впливати на оперативність управління та передачу відеопотоків у режимі реального часу. При зростанні кількості вузлів виникає ризик перевантаження мережі службовим трафіком, що призводить до зниження пропускну здатності та втрати стабільності зв'язку. Серйозною проблемою залишається енергоспоживання, оскільки постійне виконання функцій ретрансляції та підтримки мережевих маршрутів суттєво скорочує автономність БПЛА. Також невирішеним є питання оптимального балансування навантаження між вузлами мережі та автоматичного перерозподілу ролей у випадку втрати частини дронів. Питання

оптимального балансування навантаження між вузлами mesh-мережі можна вирішувати через адаптивне розподілення ролей між дронами. Кожен БПЛА має постійно оцінювати свій стан: рівень заряду батареї, якість зв'язку, кількість підключених вузлів, обсяг переданих даних і відстань до інших дронів. На основі цих показників мережа автоматично визначає, які дрони можуть бути ретрансляторами, координаторами або резервними вузлами.

У разі перевантаження окремого вузла система повинна автоматично перенаправляти трафік через менш завантажені дрони. Для цього доцільно використовувати адаптивні протоколи маршрутизації, які враховують не лише найкоротший шлях, а й енергетичний стан вузлів, стабільність каналу та поточне навантаження.

У випадку втрати частини дронів необхідно застосовувати механізм автоматичного перерозподілу ролей. Якщо дрон-ретранслятор або координатор вибуває з мережі, його функції має приймати найближчий або найбільш енергетично стійкий вузол. Для цього в мережі повинні бути заздалегідь визначені резервні вузли та алгоритми швидкого переобрання лідера. Ефективним рішенням є використання штучного інтелекту, який може прогнозувати перевантаження вузлів, ймовірність втрати зв'язку та завчасно перебудовувати топологію мережі. Це дозволяє не лише реагувати на втрату дронів, а й попереджати критичні збої. Отже, вирішення цієї проблеми можливе через поєднання адаптивної маршрутизації, моніторингу стану вузлів, резервування ролей, автоматичного переобрання координаторів та AI-прогнозування. Такий підхід забезпечує збереження керованості mesh-мережі навіть при втраті частини БПЛА або різкій зміні бойової обстановки.

Практичне застосування mesh-мереж охоплює військову розвідку, управління роями БПЛА, пошуково-рятувальні операції, моніторинг територій та ліквідацію наслідків надзвичайних ситуацій. Особливу ефективність вони демонструють у районах із відсутньою або зруйнованою інфраструктурою зв'язку, де традиційні телекомунікаційні системи є недоступними або нестабільними. Технічна реалізація таких систем базується на використанні бездротових технологій Wi-Fi, LoRa, SDR, вбудованих обчислювальних модулів та спеціалізованого програмного забезпечення.

Перспективи розвитку mesh-мереж пов'язані з інтеграцією технологій штучного інтелекту для автономного управління маршрутизацією, прогнозування втрат зв'язку та адаптації до дій противника. Додатково очікується використання технологій 5G/6G, когнітивного радіо та елементів автономного прийняття рішень у роях дронів. У перспективі mesh-мережі можуть стати основою повністю автономних систем взаємодії БПЛА, однак для цього необхідне вирішення проблем масштабованості, кіберзахисту, енергоефективності та стійкості до сучасних засобів радіоелектронної боротьби.

**С.М.Чумаченко¹, О.В.Самойленко¹, Д.М.Ядченко², В.О.Перескоков¹,
Ю.О.Невзгляденко¹**

¹Державний науково-дослідний інститут авіації

²Управління авіації, авіаційного пошуку і рятування ДСНС

СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО ІНТЕГРАЦІЇ ІНФОРМАЦІЙНОГО ПОЛЯ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИХ СИСТЕМ БПЛА ДЛЯ ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ НАВІГАЦІЙНО- ОБЧИСЛЮВАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ОПЕРАЦІЙ З АВІАЦІЙНОГО ПОШУКУ І РЯТУВАННЯ В УМОВАХ ВЕДЕННЯ БОЙОВИХ ДІЙ

Сучасні бойові дії характеризуються високою динамічністю та інтенсивним застосуванням засобів радіоелектронної боротьби (РЕБ). Проведення пошуково-рятувальних операцій у таких умовах потребує не лише оперативності, а й високої надійності каналів зв'язку та навігації. Традиційні методи управління групою БпЛА часто виявляються вразливими, що призводить до втрати техніки та неможливості виконання завдання з порятунку особового складу.

У доповіді розглянуто актуальну проблему підвищення ефективності пошуково-рятувальних операцій (ПРО) в зонах ведення активних бойових дій за допомогою групи безпілотних літальних апаратів (БпЛА). Запропоновано системний підхід до інтеграції інформаційного поля багатофункціональних систем групи БпЛА при проведенні операцій з авіаційного пошуку і рятування з використанням навігаційно-обчислювального комплексу (НОК) “Вуаль-ППО15М” як центрального елемента інтеграції для максимізації ймовірності успішного виявлення та евакуації осіб у зонах бойових дій. Використання НОК дозволяє мінімізувати вплив засобів РЕБ противника, забезпечити високу точність позиціонування в умовах часткової або повної відсутності сигналів глобальних навігаційних супутникових систем (ГНСС) та створити єдиний ситуаційний простір для підтримки і координації роботи групи БпЛА пошуково-рятувальних підрозділів під час проведення ПРО.

Системний підхід передбачає розгляд групи БпЛА, наземної станції управління та НОК як цілісної системи. В умовах ПРО інформаційне поле формується за рахунок об'єднання:

- візуальних та термографічних даних;
- радіотехнічної розвідки (пошук сигналів пошуково-рятувальних маяків або мобільних телефонів);
- телеметричної інформації про стан бортів БпЛА.

Інтеграція цих даних дозволяє перейти від простого спостереження до формування динамічної 3D-карти району пошуку в реальному часі і відображення її на планшеті НОК “Вуаль-ППО15М”.

НОК виконує роль інтелектуального хаба, ключовими функціями якого в межах системного підходу є:

високоточне обчислення координат – використання алгоритмів безплатформових інерціальних навігаційних систем (БІНС) та кореляційно-екстремальної навігації за рельєфом місцевості та лінійними орієнтирами, що критично важливо при “глушінні” GPS РЕБ;

об’єднання даних з сенсорів БпЛА – синтез інформації від групи БпЛА для усунення дублювання об’єктів на мапі та верифікації об’єктів пошуку;

адаптивне управління променем зв’язку – мінімізація радіопомітності комплексу, що знижує ризик виявлення рятувальної групи БпЛА засобами радіоелектронної розвідки (РЕР) противника.

Застосування системного підходу дозволяє формалізувати ефективність ПРО як функції від часу, точності позиціонування БпЛА та стійкості каналів зв’язку.

НОК забезпечує мінімізацію похибки точності позиціонування навіть при тривалому маневруванні без зовнішньої корекції, що скорочує час на обстеження заданого квадрата на 30-40% порівняно зі стандартними системами ПРО.

В умовах вогневого впливу НОК дозволяє реалізувати тактику “розумного рою”, де один апарат може виконувати роль ретранслятора, а інші — здійснювати пошук цілі на малих висотах під прикриттям складного рельєфу місцевості, зберігаючи при цьому єдину навігаційну прив’язку до цілі. Залежність середньоквадратичної помилки (СКП) визначення координат БпЛА від тривалості польоту в умовах активного придушення сигналів ГНСС РЕБ демонструє стрімке зростання похибки відразу після входу в зону дії засобів РЕБ. Внаслідок втрати зв’язку з супутниками або “спуфінгу” (підміни координат), похибка за 5-7 хвилин польоту може сягати 500–1000 метрів і більше, що робить виконання ПРО неможливим. Завдяки БІНС та алгоритмам кореляційної прив’язки до рельєфу місцевості та лінійних орієнтирів, комплекс утримує похибку в межах допустимих значень (до 10-15 метрів) навіть при повному відключенні GPS. Накопичення похибки відбувається лінійно і дуже повільно за рахунок можливого дрейфу шестиосних гіроскопів, що забезпечує точний вихід БпЛА в точку знаходження постраждалих.

Таким чином:

Системний підхід до інтеграції інформаційного поля групи БпЛА через НОК “Вуаль-ППО15М” перетворює окремі одиниці БпЛА на єдиний розвідувально-рятувальний контур ПРО, здатний працювати в умовах інтенсивної РЕБ.

Застосування НОК дозволяє розв’язати проблему десинхронізації інформаційних потоків, що виникає при одночасному використанні декількох типів сенсорів групи БпЛА.

Практична значущість дослідження полягає у можливості значного підвищення живучості групи БпЛА та скорочення часу реакції рятувальних підрозділів при проведенні ПРО, що є вирішальним фактором для збереження життя поранених у “золоту годину”.

А. А. Щерба, В. С. Мячиков, Р. О. Атамась

Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного

ЗАСТОСУВАННЯ ПРИНЦИПІВ SITAN ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ НАВІГАЦІЙНОЇ СТІЙКОСТІ БПЛА В УМОВАХ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ ПРОТИДІЇ

У сучасних умовах ведення бойових дій радіоелектронна протидія є одним із ключових засобів боротьби з БПЛА. Придушення або спотворення сигналів глобальних навігаційних супутникових систем (GNSS) призводить до істотного зниження точності навігації, втрати керованості та зриву виконання місії. Це зумовлює необхідність розроблення альтернативних навігаційних підходів, здатних забезпечувати стійке позиціонування без залежності від зовнішніх радіосигналів.

Одним із перспективних напрямів є використання методів terrain-aided navigation (TAN), що базуються на зіставленні вимірних параметрів місцевості з цифровими моделями рельєфу (ЦМР). Класичні підходи TAN, такі як TERCOM, DSMAC та TERPROM, забезпечують високу точність у визначених умовах, проте мають суттєві обмеження, зокрема дискретний характер корекції, залежність від попередньо заданого маршруту або чутливість до зовнішніх факторів (освітлення, погодні умови).

У цьому контексті особливий інтерес становить метод Sandia Inertial Terrain-Aided Navigation (SITAN), який забезпечує безперервну стохастичну корекцію інерціальної навігаційної системи (INS) шляхом інтеграції вимірювань рельєфу та цифрових карт місцевості із застосуванням фільтра Калмана. На відміну від класичних підходів, SITAN дозволяє здійснювати корекцію навігаційних параметрів у реальному часі, що суттєво зменшує накопичення похибки INS та підвищує автономність системи.

Метою дослідження є аналіз можливостей застосування методу SITAN для підвищення навігаційної стійкості БПЛА в умовах радіоелектронної протидії, а також формування підходів до його адаптації з урахуванням обмежень сучасних малих безпілотних платформ.

Основними перевагами SITAN є: безперервна корекція INS у реальному часі, відсутність необхідності жорстко визначеного маршруту, підвищена стійкість до відмов GNSS, можливість роботи в умовах невизначеності.

Водночас застосування SITAN на малих БПЛА супроводжується рядом обмежень. Серед них ключовими є залежність від точності цифрових моделей рельєфу, значний дрейф недорогих MEMS-інерціальних датчиків, зниження ефективності у рівнинній місцевості, а також обчислювальна складність алгоритмів.

Наукова новизна дослідження полягає у формуванні концепції адаптації методу SITAN для малих БПЛА шляхом інтеграції сучасних підходів обробки даних та оптимізації обчислень. Запропоновано такі напрями вдосконалення:

інтеграція з методами комп'ютерного зору (visual odometry, terrain matching), що дозволяє компенсувати недостатню інформативність рельєфу та підвищити точність оцінки положення у складних середовищах (ліси, урбанізовані території);

розширене багатосенсорне злиття даних (sensor fusion) із використанням INS, барометра, магнітометра, частково доступного GNSS, а також оптичних і лазерних сенсорів на основі розширеного фільтра Калмана або фільтрів частинок;

застосування методів машинного навчання, зокрема нейронних мереж, для покращення кореляції рельєфу, виділення інформативних ознак місцевості, прогнозування похибок INS та зменшення обчислювальної складності;

оптимізація алгоритмів для обмежених ресурсів, включаючи використання багаторівневих цифрових карт (multi-resolution), адаптивних вікон кореляції, скорочення кількості точок зіставлення та застосування апаратних прискорювачів (GPU/FPGA).

Очікується, що запропонований підхід дозволить:

зменшити дрейф INS у процесі польоту;

забезпечити стабільну навігацію при повній відмові GNSS;

підвищити точність позиціонування за рахунок комплексного використання сенсорних даних;

реалізувати алгоритми у реальному часі на бортових обчислювальних платформах класу Raspberry Pi або Jetson Nano.

Таким чином, метод SITAN у поєднанні з сучасними технологіями обробки даних та сенсорного злиття може слугувати ефективною основою для створення навігаційних систем БпЛА, стійких до впливу радіоелектронної протидії. Адаптація SITAN до можливостей малих БпЛА відкриває перспективи для підвищення автономності, точності та живучості безпілотних платформ у складних умовах сучасного поля бою.

Розділ V

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЖИВУЧОСТІ БЕЗПЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ СИСТЕМ, ЇХ СТІЙКОСТІ ДО ЗОВНІШНІХ ДЕСТАБІЛІЗУЮЧИХ ВПЛИВІВ, СПЕЦІАЛЬНИХ ФАКТОРІВ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ, ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ІМПУЛЬСУ, А ТАКОЖ ДО ЗАСОБІВ ПРОТИДІЇ, ЩО ЗАСТОСОВУЮТЬ ТЕХНОЛОГІЇ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

М.М. Геращенко

Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки

МОДЕЛЮВАННЯ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ ПЕРЕШКОДОВОЇ ОБСТАНОВКИ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ СТІЙКОСТІ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ ДО ВПЛИВУ ЗАСОБІВ РЕБ

Сучасний досвід бойового застосування безпілотних авіаційних комплексів (БпАК) свідчить про критичний розрив між результатами конструкторських (заводських) випробувань та реальною стійкістю бортових систем до впливу засобів радіоелектронної боротьби (РЕБ) противника. Головною причиною цієї невідповідності є спрощене відтворення перешкодового середовища на етапі організації і проведення полігонних випробувань. Відсутність еквівалентних умов експерименту призводить до зниження достовірності результатів оцінки завадостійкості каналів зв'язку та навігації, що зумовлює необхідність перегляду науково-методичного апарату проведення полігонних випробувань.

Для забезпечення об'єктивності полігонних випробувань без залучення трофейних комплексів РЕБ запропоновано прикладний підхід до створення еквівалентної радіоелектронної перешкодової обстановки (РЕПО). Зазначене рішення базується на імітаційному моделюванні сигнатур конкретних засобів противника шляхом просторово-енергетичної оптимізації експерименту. Метод синтезує три ключові складові: параметричну адаптацію вітчизняних програмно-керованих випромінювачів, геометричне масштабування енергетичного потенціалу РЕПО та пропорційне коригування потужності передавача станції керування для забезпечення фізичної подібності умов експерименту.

Практична реалізація запропонованого імітаційного моделювання РЕПО перетворює полігонні випробування на ефективний інструмент оцінки стійкості БпАК до впливу засобів РЕБ та створює науково обгрунтоване підґрунтя для стандартизації відповідних програм і методик випробувань. Зазначений підхід до організації експериментів дозволяє своєчасно виявляти критичні вразливості бортових систем та впроваджувати в експлуатацію безпілотні комплекси, реальна стійкість до перешкод яких об'єктивно підтверджена в умовах, максимально наближених до сучасного поля бою.

М.О. Геращенко

Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки

МОДЕЛЮВАННЯ ЗОВНІШНІХ ФАКТОРІВ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ БЕЗПЕКИ ПРИСТРОЇВ ІНІЦІАЦІЇ УДАРНИХ БПЛА В ЛАБОРАТОРНИХ УМОВАХ

Активне застосування ударних безпілотних літальних апаратів мультикоптерного типу з системою FPV (БпЛА) в умовах інтенсивних бойових дій виявило критичну проблему – недостатню надійність пристроїв ініціації (ПІ) бойових частин. Зважаючи на децентралізований характер виробництва та швидке впровадження нових апаратних рішень, значна частина виробів надходить в експлуатацію без належного експериментального підтвердження їхньої стійкості до зовнішніх впливів. Це створює пряму загрозу несанкціонованого спрацювання боєприпасу під час його спорядження, транспортування на позицію та безпосереднього запуску, що є неприпустимим ризиком для життя операторів.

Для мінімізації цих ризиків та допуску до застосування винятково безпечних зразків, в ДНДІ ВС ОВТ розроблено та впроваджено жорсткий алгоритм лабораторних випробувань на базі наявного стендового обладнання. Суть методології полягає у відтворенні екстремальних умов експлуатації через поєднання ударно-динамічних та кліматичних навантажень із безперервним апаратним контролем стану ПІ.

Програма випробувань реалізується шляхом моделювання двох ключових груп факторів: механічні навантаження та кліматичні впливи. В доповіді запропоновано уніфікований методологічний підхід проведення лабораторних випробувань на підставі діючих загальних вимог до ПІ боєприпасу для ударного БпЛА разового застосування. Під час оцінки стійкості до впливу механічних навантажень здійснюється перевірка на ударному стенді для імітації жорстких умов транспортування (вібраційних та ударних імпульсів від руху техніки по бездоріжжю) та перевірка стійкості до вільного падіння з висоти 1,5 м що моделює найпоширеніший експлуатаційний інцидент – випадкове падіння спорядженого БпЛА з рук військовослужбовця. Кліматичні впливи охоплюють перевірку стійкості до впливу води та вітру(дощу) в дощовій камері, а також моделювання глибоких перепадів температур і випадання конденсату (роси) у камері тепла/холоду та вологи.

Критичною вимогою під час проходження випробувань є контроль незмінності закладеного алгоритму функціонування ПІ. Фізичний чи кліматичний вплив не повинен викликати замикань, пробіїв ізоляції або формування хибних імпульсів у ланцюгах електродетонатора.

Впровадження єдиного підходу до стендового моделювання перетворює випробування ПІ на ефективний фільтр безпеки. На етапі лабораторного

контролю своєчасно виявляються приховані дефекти конструкції ПІ: недостатня міцність пайки, утворення коротких замикань при зволоженні, збої в алгоритмах мікроконтролера при ударах або перегріві, тощо. Застосування запропонованої методології сприяє допуску до експлуатації лише тих ПІ безпека, надійність та запобіжні функції яких об'єктивно підтверджені в лабораторних умовах які максимально наближені до умов реальної експлуатації.

Я.Г. Заєць, С.В. Давіденко, І.І. Чорняк

Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного

ЩОДО ВИМОГ ДО СКЛАДУ І ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОПТИЧНОЇ НАВІГАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Надійна навігація БпЛА є критично умовою успішного виконання бойових завдань. Водночас, в умовах активного застосування противником засобів радіоелектронної боротьби (РЕБ), ефективність традиційних супутникових систем навігації значно знижується. Це зумовлює нагальну потребу у впровадженні автономних навігаційних рішень, несприйнятливих до зовнішніх радіоелектронних завад.

Одним із перспективних напрямів вирішення цієї проблеми є інтеграція на борт БпЛА оптичних навігаційних систем, що забезпечують орієнтацію апарата у просторі без використання зовнішніх сигналів, зокрема супутникових систем навігації.

Оптична навігаційна система має виконувати функцію автономного або допоміжного каналу навігаційного забезпечення, реалізуючи візуальну локалізацію літального апарата на основі зображень навколишнього середовища в режимі реального часу. З огляду на це, таку систему доцільно мати у вигляді модуля оптичної навігації (МОН), що містить щонайменше три основні складові: оптичну сенсорну систему, обчислювальний блок із спеціальним програмним забезпеченням та локальний накопичувач даних.

Ці компоненти мають бути базовими елементами будь-якої конфігурації МОН. Залежно від місії, типу БпЛА та конструктивного виконання модуля, його склад може доповнюватися допоміжними чи інтегрованими підсистемами (ІМУ, джерела живлення, засоби зв'язку, інтерфейсні блоки, стабілізатори тощо).

Оптична сенсорна система призначена для отримання цифрових зображень навколишнього середовища (підстилаючої поверхні місцевості, зоряного неба, лінії горизонту тощо), а також додаткової інформації –

дальнометричної, спектрометричної чи іншої, необхідної для подальшої аналітичної обробки з метою визначення місцеположення БпЛА, оцінки напрямку та швидкості його руху, отримання інших навігаційних параметрів.

МОН повинен бути оснащений одним або кількома одно- чи різнотипними за конструкцією і принципом дії оптичними сенсорами. Наприклад, монохромними сенсорами (адаптованими до умов слабкого освітлення), кольоровими RGB-камерами, багатоспектральними камерами або іншими типами сенсорів. У більш складних реалізаціях – перевага може надаватися стереокамерам із інтегрованими інерціальними вимірювальними модулями, або ж комбінованим системам, які поєднують дані від різних типів сенсорів для підвищення точності та надійності навігації.

Гібридні схеми передбачають використання кількох камер (фронтальної, нижньої, бокових) для забезпечення широкого поля зору. Для роботи в умовах обмеженої або нульової видимості (ніч, дим, туман) доцільне використання додаткових датчиків – інфрачервоних (тепловізійних) камер або мультиспектральних оптичних сенсорів. У перспективних модулях можливе застосування активних глибинних сенсорів (ToF) або структурованого світла.

У випадку використання багатокамерних або мультисенсорних конфігурацій має бути забезпечена їхня внутрішня інтеграція з можливістю автоматичного перемикавання режимів роботи відповідно до умов середовища або сценарію застосування БпЛА.

Для забезпечення необхідної ефективності функціонування МОН в різних умовах експлуатації (включаючи змінне освітлення, велику швидкість польоту, польоти на гранично малих висотах тощо), необхідно визначити технічні параметри сенсорних систем, такі як:

- роздільна здатність;
- частота кадрів;
- кут огляду (поля зору);
- чутливість до освітлення.

Роздільна здатність сенсора повинна забезпечувати достатню якість зображення для виявлення контурів ландшафту – доріг, будівель, рослинності та інших орієнтирів на відстані не менше ніж 200-300 метрів з висоти робочого польоту.

Мінімальною слід вважати роздільну здатність на рівні 640×720 або 1280×720 (HD), оптимальна – 1920×1080 (Full HD) за умов наявності відповідного обчислювального ресурсу для обробки відеопотоку в режимі реального часу. Для режимів автономного візуального картографування можуть використовуватись камери вищої роздільної здатності.

Для стабільної роботи алгоритмів візуальної навігації необхідна мінімальна кадрова частота – 20-30 кадрів на секунду (FPS) для стандартних умов роботи при середніх швидкостях польоту (100-150 км/год.) та оптимальна – до 60 FPS для динамічних сценаріїв польоту (200+ км/год.), де

міжкадрове зміщення занадто велике при меншій частоті, що призводить до зниження точності позиціонування.

Кут огляду поля зору камери має відповідати умовам застосування БпЛА. Для апаратів літакового типу з фіксованим крилом мінімальний горизонтальний кут огляду вважається 70° , оптимальний – на рівні $90-110^\circ$. Цей діапазон дозволяє фіксувати більше візуальних орієнтирів у кожному кадрі та підвищує стійкість навігаційного рішення. Для нічного каналу (тепловізорів) допускається зменшене поле зору ($50-70^\circ$), зважаючи на іншу природу зображення.

Сенсори, що застосовуються у БпЛА, для забезпечення роботи в умовах низької освітленості, повинні мати високу світлочутливість (з апертурою не гірше $f/2.0$) та можливість роботи в умовах різкого переходу освітлення (наприклад, вхід у затінок, димову завісу).

Частота передачі та затримка обробки інформації (латентність) від моменту отримання оптичного зображення до видачі навігаційних параметрів не повинна перевищувати: 100 мс – для розрахунку положення/орієнтації; 200 мс – для інтеграції зображення з геоприв'язкою, що забезпечує активність навігаційних даних навіть при високих швидкостях польоту та дозволяє успішно реалізувати процес наведення і уникнення перешкод. Забезпечення безперервного оновлення параметрів навігації повинно здійснюватись з частотою не менше 10 Гц .

Обчислювальний блок зі спеціальним програмним забезпеченням призначений для обробки зображень навколишнього середовища, отриманих від оптичної сенсорної системи, а також іншої навігаційної інформації в режимі реального часу. Його основною функцією є визначення просторового положення БпЛА відносно місцевості та реалізація алгоритмів оптичної навігації з мінімальною затримкою. Додатково до навігаційних задач, обчислювальний блок може виконувати обробку отриманих зображень для розпізнавання об'єктів, а також точного визначення координат наземних цілей. Для цього має бути забезпечена високопродуктивна обробка відеопотоку з оптичних сенсорів з метою визначення переміщення, напрямку та швидкості БпЛА за допомогою алгоритмів візуальної одометрії (VO), візуально-інерціальної одометрії (VIO), візуально-інерціальної навігації (VINS), одночасної локалізації та картографування (SLAM) або методів комп'ютерного зору.

Спеціальне програмне забезпечення обчислювального блоку повинно забезпечувати інформаційну взаємодію щонайменше з такими бортовими підсистемами БпЛА: польотним контролером; інерціальною навігаційною системою; супутниковою навігаційною системою; системою телеметрії та передавання даних; бортовим обчислювальним модулем.

Для зберігання програмного забезпечення, службових даних та журналів роботи модуль повинен мати накопичувач даних.

Для підвищення точності та надійності МОН може бути доповнений іншими компонентами, залежно від необхідного рівня навігаційної точності,

умов застосування та бойового призначення БпЛА. Такими компонентами можуть бути: акселерометр, магнітометр, барометр, гіроскоп, оптичний компас, вимірник швидкості, радіо- або лазерний висотомір, ІМУ тощо. Хоча ці елементи не є безпосередньо оптичними, їх інтеграція з візуальною інформацією значно підвищує ефективність системи навігації. При цьому вони не повинні замінювати оптичні сенсори, які залишаються основним джерелом навігаційних даних.

Таким чином, дослідження технологій та визначення вимог до характеристик оптичної навігаційної системи для безпілотних літальних апаратів з подальшим їх впровадженням є ключем до побудови незалежної, безпечної та ефективної системи управління БпЛА, що здатна працювати в умовах інформаційного вакууму та радіоелектронної протидії. Це не лише крок до технологічної автономії, а й гарантія переваги у сучасній війні.

Р.А. Ісакжанов

Державний науково-дослідний інститут авіації

ОСНОВНІ НАПРЯМИ ПІДВИЩЕННЯ МАЛОПОМІТНОСТІ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Сучасний етап розвитку безпілотної авіації характеризується різким підвищенням ефективності засобів протиповітряної оборони (ППО) та радіоелектронної розвідки. У цих умовах забезпечення живучості безпілотних літальних апаратів (БпЛА) є пріоритетним завданням, вирішення якого покладається на комплексне впровадження технологій зниження помітності (технологій “Stealth”) у різних фізичних діапазонах.

Малопомітність може досягатись впровадженням наступних технологічних рішень, а саме:

оптимізацією геометричної форми та зниженням ефективної площі розсіювання (ЕПР) використовуючи інтегральну схему «літаюче крило», яка забезпечує відсутність чітко вираженого фюзеляжу та вертикального оперення (кілів), що дозволяє кардинально зменшити ЕПР у фронтальній та бічних проєкціях;

орієнтацією поверхонь при проектуванні планера з використанням плоских граней та плавно вигнутих панелей, зорієнтованих під специфічними кутами, що забезпечує перенаправлення відбитих радіосигналів у бік від джерела випромінювання (радару);

розміщення засобів ураження або розвідки всередині корпусу (а не на зовнішній підвісці) для запобігання зростання ЕПР;

екранування силової установки шляхом застосування S-подібних каналів повітрозабірників (переважно з верхнім розташуванням), що повністю приховує лопатки компресора двигуна, які є потужним джерелом вторинного радіовідбиття;

використання вуглецевих композитів, феритових та наноструктурованих покриттів, які трансформують енергію падаючої радіохвилі у теплову;

моноблочне збирання планера з композиційних матеріалів, що мінімізує кількість технологічних швів, стиків та елементів кріплення (заклепок, гвинтів), які зазвичай виступають локальними центрами розсіювання радіохвиль;

екранування елементів двигуна: виведення сопла двигуна над плоскою поверхнею крила або використання спеціальних екранованих контурів, що захищає тепловий слід від виявлення наземними ІЧ-датчиками з нижньої напівсфери;

використання гібридних та електричних силових установок шляхом переходу на електродвигуни або гібридні схеми (на певних ділянках польоту) для мінімізації теплового випромінювання та зниження рівня акустичного шуму;

забезпечення режиму обмеження роботи бортових передавачів та надання пріоритетному використанню пасивних інерціальних систем навігації або кореляційно-екстремальних навігаційних систем;

повне програмне вимкнення навігаційних вогнів, транспондерів, ідентифікаційних номерів та інших цифрових маркерів у зоні виконання бойового завдання.

З огляду на зазначене створення малопомітного БпЛА є комплексною інженерною задачею, яка не може бути вирішена лише одним методом. Найбільша ефективність досягається за умов інтеграції геометричного проектування “Stealth ” – форм), застосування інноваційних композитних РПМ та дотримання жорстких протоколів радіоелектронного маскуванню. Окреслені напрями є базовими для проектування перспективних безпілотних авіаційних комплексів тактичного та стратегічного рівнів.

В.А. Майданюк, О.О. Дерев'янюк, В.В. Вознюк

Інституту ракетних військ і артилерії Національної академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного

ЕЛЕКТРОМАГНІТНА ЗБРОЯ: СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

Сучасні війни дедалі більше залежать не лише від кількості техніки чи боєприпасів, а й від рівня технологій. Одним із найбільш перспективних напрямків сьогодні вважається електромагнітна зброя - системи, які використовують спрямовану енергію замість традиційного пороху або вибухівки. Ще кілька десятиліть тому подібні розробки сприймалися як елемент наукової фантастики, однак зараз вони поступово переходять у практичну площину.

До електромагнітної зброї зазвичай відносять бойові лазери, мікрохвильові системи та електромагнітні гармати типу railgun. Принцип їхньої роботи полягає у використанні потужної енергії для ураження цілі: лазер нагріває та руйнує поверхню об'єкта, мікрохвильове випромінювання виводить з ладу електроніку, а електромагнітна гармата розганяє снаряд до надзвичайно високої швидкості.

Найбільшого розвитку сьогодні набули саме лазерні системи. Основна причина - стрімке поширення безпілотників. Сучасне поле бою показало, що дешеві дрони можуть створювати серйозну загрозу навіть для високотехнологічних армій. Використовувати дорогі ракети проти малих БПЛА економічно не вигідно, тому військові шукають дешевші способи перехоплення. У цьому плані лазер виглядає дуже перспективно: після розгортання системи один "постріл" фактично коштує лише витраченої електроенергії.

США, Ізраїль, Китай, Велика Британія та інші країни активно працюють над такими проєктами. Наприклад, ізраїльська система Iron Beam уже проходить випробування як елемент протиповітряної оборони для боротьби з ракетами та дронами. Американські військові також тестують лазерні комплекси для захисту мобільних підрозділів.

Іншим важливим напрямком є мікрохвильова зброя. На відміну від лазера, вона не обов'язково фізично руйнує ціль. Її головне завдання - «спалити» або придушити електроніку противника. Особливо ефективними такі системи можуть бути проти роїв дронів, оскільки здатні впливати одразу на кілька об'єктів. Саме тому мікрохвильові комплекси зараз активно розглядаються як перспективний засіб боротьби з масованими атаками БПЛА.

Окрему увагу привертають електромагнітні гармати - railgun. Їхня особливість полягає у тому, що снаряд розганяється електромагнітною силою, а не вибухом пороху. Завдяки цьому швидкість польоту може бути у кілька разів більшою, ніж у звичайної артилерії. Ураження цілі відбувається

переважно за рахунок кінетичної енергії удару, тому вибухова речовина у самому боєприпасі може бути відсутня.

Попри значний прогрес, електромагнітна зброя поки що має низку серйозних обмежень. Головна проблема — потреба у великій кількості енергії. Потужні лазери чи railgun вимагають складних систем живлення та охолодження. Саме тому більшість таких комплексів зараз розміщуються на кораблях, стаціонарних об'єктах або важких платформах.

Також існують природні обмеження. Наприклад, лазерна зброя значно втрачає ефективність у тумані, диму, пилу чи під час дощу. Крім того, вже ведеться розробка засобів захисту від подібних систем: спеціальних покриттів, екранування електроніки та матеріалів, стійких до високих температур.

На сьогодні електромагнітна зброя ще не здатна повністю замінити традиційні види озброєння. Проте вона поступово займає власну нішу, насамперед у сфері протиповітряної оборони та боротьби з дронами. Найімовірніше, у найближчі роки саме антидронові комплекси стануть головним напрямком розвитку цієї технології.

Отже, електромагнітна зброя є одним із найперспективніших напрямків сучасної військової техніки. Її розвиток може суттєво змінити характер майбутніх конфліктів, особливо в умовах швидкого поширення безпілотних систем та автоматизації бойових дій. Водночас повноцінне масове впровадження таких технологій поки стримується високою вартістю, енергетичними потребами та технічними труднощами.

М.О. Міщенко, П.С. Перій

Національної академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ СИСТЕМ У ВЗАЄМОДІЇ ЗІ ШТУЧНИМ ІНТЕЛЕКТОМ

Сучасний етап розвитку безпілотних авіаційних систем характеризується швидким переходом від дистанційно керованих платформ до інтелектуальних комплексів, здатних самостійно виконувати значну частину завдань у повітрі. Якщо раніше безпілотники переважно залежали від оператора на всіх етапах польоту, то сьогодні ключовою тенденцією є інтеграція технологій штучного інтелекту, які забезпечують автономність, адаптивність і здатність до оперативного прийняття рішень. Унаслідок цього безпілотні авіаційні системи перетворюються на багатofункціональні платформи, що можуть діяти в складному та змінному середовищі без участі оператора.

Однією з провідних тенденцій є розвиток автономної навігації. Штучний інтелект дає змогу безпілотнику орієнтуватися у просторі не тільки за супутниковими сигналами, а й за допомогою комп'ютерного зору, аналізу навколишнього середовища, датчиків інерціальної системи навігації та алгоритмів побудови маршруту. Це особливо важливо в умовах, де сигнал GPS може бути втрачений, спотворений або навмисно придушений. Алгоритми машинного навчання дозволяють апарату визначати перешкоди, змінювати траєкторію польоту в режимі реального часу та підтримувати стійкість виконання місії навіть в умовах інтенсивної експлуатації.

Іншим важливим напрямом є інтелектуальна обробка даних, які збираються з бортових сенсорів. Сучасні безпілотні системи дедалі частіше оснащуються камерами високої роздільної здатності, тепловізорами, радарми та іншими засобами спостереження. Використання штучного інтелекту дає можливість не просто передавати великий масив інформації оператору, а виконувати її попередній аналіз безпосередньо на борту. Це дозволяє автоматично розпізнавати об'єкти, виявляти аномалії, класифікувати цілі та визначати пріоритетність інформації. У результаті зменшується навантаження на оператора, підвищується швидкість реагування та ефективність застосування безпілотної системи.

Перспективним напрямком є перехід до колективної взаємодії безпілотників. Технології штучного інтелекту відкривають можливість створення групових або ройових систем, у яких кілька апаратів координують свої дії між собою без постійного прямого втручання людини. У такому форматі один безпілотник може виконувати функції розвідки, інший — ретрансляції сигналу, а третій — ураження цілі. Інтелектуальні алгоритми розподіляють ролі, коригують маршрути, зберігають стійкість групи у випадку втрати окремого елемента та забезпечують узгоджене виконання спільного завдання. Це суттєво розширює функціональні можливості безпілотних авіаційних систем.

Водночас розвиток взаємодії безпілотників зі штучним інтелектом спрямований не лише на підвищення автономності, а й на покращення якості взаємодії з оператором. Перспективні системи управління все більше орієнтуються на принципи підтримки прийняття рішень, коли штучний інтелект не повністю замінює людину, а аналізує ситуацію, пропонує оптимальні варіанти дій, прогнозує ризики та попереджає про небезпеку. Такий підхід є особливо важливим у відповідальних сферах застосування, де кінцеве рішення має залишатися за людиною, але швидкість і точність його прийняття значною мірою залежать від якості аналітичної підтримки.

Особливу увагу слід приділити напряму до мініатюризації обчислювальних засобів і перенесення інтелектуальних алгоритмів безпосередньо на борт безпілотника. Раніше складна аналітика часто виконувалася на наземних станціях або віддалених серверах, що створювало залежність від каналу зв'язку. Сьогодні розвиток енергоефективних процесорів і вбудованих систем обробки дає змогу реалізовувати елементи

штучного інтелекту безпосередньо на літальному апараті. Таким чином, на сьогоднішній день, можливо створити програмно-апаратний засіб модульної конструкції, який, в теорії, зможе підійти до будь-якої сучасної безпілотної платформи та наділити його функціоналом штучного інтелекту. Це рішення суттєво підвищує швидкість обробки інформації, зменшує затримки та покращує надійність роботи в умовах нестабільного зв'язку.

Разом із перевагами зростає і значення питань безпеки, етики та надійності функціонування таких систем. Чим більше рішень делегується алгоритмам штучного інтелекту, тим вищими стають вимоги до точності моделей, захищеності програмного забезпечення, стійкості до зовнішніх впливів і передбачуваності поведінки безпілотної системи. Тому ще однією сталою тенденцією є розвиток комбінованих підходів, у яких автономність поєднується з механізмами контролю, резервування, пояснюваності рішень та можливістю оперативного втручання людини в критичний момент.

Узагальнюючи, можна сказати, що основні тенденції розвитку безпілотної авіації у взаємодії зі штучним інтелектом полягають у зростанні автономності польоту, впровадженні інтелектуальної обробки даних, розвитку ройових технологій, удосконаленні підтримки оператора та перенесенні обчислювальних можливостей на борт апарата. У перспективі саме поєднання безпілотної авіації зі штучним інтелектом визначатиме ефективність нових систем спостереження, моніторингу, логістики, рятувальних операцій і спеціальних місій. Таким чином, штучний інтелект стає не допоміжним компонентом, а одним із головних чинників якісної трансформації безпілотної авіації.

С.Д.ОЛІЙНИК¹, А.А.ЩЕРБА²

¹Прикордонна комендатура швидкого реагування “ШКВАЛ”

²Національної академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного

ГІБРИДНА БАГАТОШАРОВА TERRAIN-AIDED НАВІГАЦІЙНА АРХІТЕКТУРА БпЛА В УМОВАХ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ ПРОТИДІЇ

Сучасні БпЛА функціонують у середовищах із високим рівнем радіоелектронної протидії, що призводить до деградації або повної втрати сигналів глобальних навігаційних супутникових систем (GNSS). У таких умовах критичною стає розробка автономних навігаційних систем, здатних забезпечувати стійке позиціонування на основі пасивних сенсорів та альтернативних методів локалізації.

Одним із ключових напрямів є використання методів terrain-aided navigation (TAN), які базуються на зіставленні параметрів місцевості з

цифровими моделями рельєфу. Класичні підходи, зокрема Sandia Inertial Terrain-Aided Navigation (SITAN), TERCOM та DSMAC-подібні методи, демонструють ефективність у вирішенні окремих задач навігації, проте не забезпечують комплексної стійкості системи в умовах багатофакторної невизначеності.

Аналіз існуючих TAN-підходів дозволяє виділити їхні основні обмеження: залежність від точності цифрових моделей рельєфу (SITAN), дискретний характер корекції та обмежена адаптивність (TERCOM), чутливість до умов зйомки та змін сцени (DSMAC), а також відсутність єдиної архітектури керування сенсорами та явного рівня забезпечення безпеки навігації.

Метою дослідження є розробка концепції гібридної багатошарової навігаційної архітектури БпЛА, яка інтегрує методи інерціальної, візуальної та terrain-aided навігації з імовірнісною обробкою даних і механізмами забезпечення безпеки.

Наукова новизна роботи полягає у запропонованні багатошарової архітектури навігаційної системи, що поєднує різноманітні методи оцінювання стану у межах єдиного функціонального підходу з розділенням на рівні обробки, а також у введенні окремого рівня safety-обмежень як складової навігаційного контуру.

Запропонована архітектура включає чотири взаємопов'язані рівні:

Core Navigation Layer – базовий рівень, що реалізує інерціальну навігацію (INS) та візуальну одометрію (VO), забезпечуючи безперервність оцінки руху за відсутності зовнішніх сигналів;

Terrain-Aided Layer – рівень корекції, який реалізує SITAN-подібні підходи, зіставлення з цифровими моделями рельєфу та візуально-геометричне узгодження для компенсації дрейфу INS і геоприв'язки;

Probabilistic Fusion Layer – рівень імовірнісного оцінювання стану, що базується на методах Bayesian-оцінювання (зокрема, Particle Filter) та забезпечує мультисенсорне злиття даних в умовах невизначеності;

Safety Layer – рівень контролю безпеки, що реалізує функції, аналогічні TERPROM, забезпечуючи перевірку допустимості траєкторії та обмеження навігаційного рішення з урахуванням рельєфу.

Функціональна організація системи передбачає багаторівневу обробку інформації: базовий рівень забезпечує безперервний рух, terrain-рівень виконує геоприв'язку, імовірнісний рівень обробляє невизначеність і шуми вимірювань, тоді як safety-рівень накладає обмеження на допустимі навігаційні рішення. Такий підхід дозволяє декомпонувати задачу навігації на функціонально незалежні підсистеми та зменшити критичність відмови окремих компонентів.

На відміну від класичних TAN-систем, які мають переважно алгоритмічний і монолітний характер, запропонована архітектура є модульною та орієнтованою на інтеграцію різноманітних джерел інформації. SITAN у цьому підході розглядається як складова рівня корекції, тоді як

TERCOM та подібні методи виконують допоміжні функції зіставлення без повноцінного імовірнісного узагальнення.

Очікується, що запропонована архітектура забезпечить підвищену адаптивність до умов середовища, стійкість до деградації окремих сенсорів та ефективну роботу в умовах багатofакторної невизначеності, зокрема при повній втраті GNSS.

Таким чином, запропонований підхід реалізує перехід від алгоритмічної до системної парадигми навігації, де ключовим є не вдосконалення окремих методів, а їх інтеграція у єдину багаторівневу структуру обробки даних.

Подальші дослідження можуть бути спрямовані на інтеграцію методів глибокого навчання для покращення terrain matching, розвиток кооперативної навігації у групах БПЛА, створення самовідновлюваних (self-healing) навігаційних систем, а також розробку єдиної імовірнісної навігаційної моделі, що об'єднує різні джерела даних у межах узгодженого математичного апарату.

І.А.Пількевич, І.А.Омельчук

Житомирський військовий інститут імені С. П. Корольова

ПОКАЗНИКИ МАНЕВРНОСТІ УДАРНИХ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ З ФІКСОВАНИМ КРИЛОМ ЯК ФАКТОР ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЖИВУЧОСТІ

Сучасний етап розвитку інформаційних технологій створює широкі можливості для розроблення та впровадження інноваційних технічних рішень, спрямованих на автоматизацію процесів управління та забезпечення дистанційної взаємодії між оператором і об'єктом керування. Реалізація таких підходів сприяє підвищенню ефективності функціонування систем управління у різних сферах застосування. Значного прогресу у цьому напрямі досягнуто під час створення безпілотних літальних апаратів розвідувального та ударного призначення. Для зазначеного класу технічних засобів одним із ключових завдань є забезпечення виконання бойових місій в умовах активної протидії противника. У зв'язку з цим важливого значення набувають показники швидкості та маневреності, які безпосередньо впливають на рівень живучості безпілотних літальних апаратів під час виконання ними поставлених завдань. Саме проблематика підвищення маневрових характеристик БПЛА є предметом дослідження даної роботи.

Подальший розвиток військових технологій зумовлює трансформацію умов ведення бойових дій та сприяє широкому застосуванню дистанційно керованих систем різного функціонального призначення. Водночас особливої

актуальності набувають питання підвищення живучості літальних апаратів і вдосконалення автоматизації процесів їх управління шляхом оптимізації алгоритмів керування кермовими поверхнями. Актуальність дослідження обумовлена необхідністю підвищення ефективності застосування безпілотних літальних апаратів за рахунок покращення їх швидкісних характеристик та маневрових можливостей. У сучасних умовах забезпечення збереження літальних апаратів потребує комплексного підходу, що враховує безперервний розвиток засобів протиповітряної оборони противника та вдосконалення їхніх тактико-технічних характеристик.

Аналіз наукових публікацій свідчить про значний інтерес дослідників до питань застосування безпілотних літальних апаратів у сучасних бойових умовах. У наукових роботах розглянуто особливості використання БпЛА для проведення рекогносцировки місцевості, досліджено заходи підготовки та безпосереднього виконання розвідувальних дій, запропоновано підходи до створення імітаційних моделей для оцінювання ефективності застосування ударних безпілотних комплексів. Окрему увагу приділено концепції мережецентричного ведення бойових дій та визначенню основних вимог до систем автоматизованого управління військового призначення, які забезпечують координацію дій роботизованих ударних комплексів у сучасних умовах бойового застосування. Також здійснено аналіз застосування зенітно-ракетних комплексів по різних типах повітряних цілей і розглянуто методики числового моделювання умовних імовірностей ураження рухомих повітряних об'єктів під час стрільби ракетами з телевізійним оптичним наведенням.

Узагальнення результатів наукових досліджень дозволяє зробити висновок про актуальність проблематики протидії повітряним цілям різних типів. В умовах широкомасштабних бойових дій одним із головних засобів боротьби з безпілотними літальними апаратами є мобільні вогневі групи, оснащені бойовими машинами зі швидкострільними турельними кулеметними установками. Важливим фактором ефективності таких засобів є проміжок часу, який має розрахунок бойової машини для виявлення та ураження повітряної цілі. За умови швидкої зміни висоти польоту процес наведення зброї суттєво ускладнюється. Постійна зміна кута спостереження та прицілювання потребує додаткового часу для коригування наведення, що створює передумови для виходу повітряного апарата із зони ураження.

Найбільш критичним для безпілотного літального апарата є момент ураження ракетою, оскільки швидкість її польоту значно перевищує швидкість самого БпЛА. Це суттєво обмежує можливості протидії ракетній атаці. Водночас математичні моделі, запропоновані у дослідженнях фахівців ЦНДІ ОВТ, дозволяють визначити причини виникнення похибок під час наведення ракети на повітряну ціль. Встановлено, що використання активного маневрування повітряною ціллю призводить до зростання систематичної похибки наведення, що, своєю чергою, сприяє підвищенню живучості літального апарата. Досягнення такого ефекту можливе за умови

наявності достатніх маневрових характеристик та здатності забезпечувати значні перевантаження під час виконання маневрів. У зв'язку з цим створення безпілотних літальних апаратів із високими маневровими можливостями є важливим напрямом сучасних наукових досліджень.

Під час польоту літальний апарат здатний виконувати маневрування як за напрямком руху, так і за висотою. Проте в умовах дистанційного управління зміна курсу польоту може призводити до втрати оператором орієнтації через обмежений сектор огляду бортової камери. Це зумовлює додаткові часові витрати, необхідні для відновлення просторового положення літального апарата. З огляду на зазначене більш доцільним для оператора є виконання маневрів шляхом зміни висоти польоту, що дозволяє одночасно реалізувати ухиляючий маневр із необхідним рівнем перевантаження.

Таким чином, у роботі визначено перспективні напрями вдосконалення способів керування безпілотними літальними апаратами, зокрема шляхом оптимізації алгоритмів відхилення кермових поверхонь для підвищення швидкості зміни просторового положення літального апарата. Крім того, окреслено підходи до вдосконалення перехідних процесів польоту БпЛА, що можуть стати основою для подальших наукових досліджень у зазначеному напрямі.

С.М. Сторожук, Є.В. Чуловський

Державний науково-дослідний інститут авіації

АДАПТИВНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ГРУПАМИ БПЛА В УМОВАХ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ ПРОТИДІЇ

Сучасні бойові дії наразі демонструють стрімке зростання ролі безпілотних авіаційних систем у виконанні завдань розвідки, спостереження та оперативного моніторингу. Найвищу ефективність досягають не окремі безпілотні апарати, а їхні групи, що функціонують у складі єдиної системи управління, що дає змогу охоплювати великі території спостереження, оперативніше отримувати дані та зберігати працездатність системи навіть у разі втрати одного з БпЛА. Одночасно з розвитком безпіотної авіації активно вдосконалюються й засоби радіоелектронної боротьби (Далі – РЕБ). Пригнічення сигналів зв'язку та супутникової навігації суттєво ускладнює роботу БпЛА, що особливо проявляється під час виконання місій на значній відстані від пункту управління. Навіть короткочасне порушення передачі даних може спричинити втрату координації між апаратами або навіть ускладнити виконання поставленого завдання.

У зв'язку з цим одним із перспективних напрямів розвитку безпілотних систем є впровадження адаптивних моделей управління, здатних реагувати на зміну електромагнітної обстановки та підтримувати роботу групи в умовах радіоелектронного впливу. Саме під час групового застосування БпЛА важливу роль відіграє постійний обмін інформацією між апаратами. Координація маршрутів, передача телеметричних даних та стабільний зв'язок забезпечують ефективність роботи всієї системи. Водночас саме ці елементи найчастіше стають об'єктами впливу засобів РЕБ.

Найбільш поширеним способом протидії є пригнічення сигналів супутникової навігації та каналів зв'язку, при цьому погіршується точність позиціонування, виникають затримки передачі інформації та ускладнюється взаємодія між БпЛА. Але найбільш вразливими залишаються системи з централізованим управлінням, оскільки втрата зв'язку з оператором може призвести до часткової або повної втрати керованості групою.

Практичний досвід застосування безпілотних систем показує, що в умовах інтенсивного радіоелектронного впливу більш ефективними є саме моделі з підвищеним рівнем автономності. Основна особливість їх полягає у здатності адаптувати алгоритми роботи без постійного втручання оператора, завдяки цьому скорочується час реагування на зміну обстановки та підвищується стійкість групи.

Основою адаптивного управління є можливість оперативної зміни параметрів роботи залежно від рівня зовнішнього впливу. Під час польоту система аналізує стабільність зв'язку, точність навігації та здатність підтримувати координацію між апаратами. Проте, у разі виявлення ознак радіоелектронної протидії група переходить до адаптивного режиму функціонування. Залежно від ситуації можуть виконуватися зміна маршруту або висоти польоту, активація резервних каналів зв'язку, перехід окремих апаратів у автономний режим чи перерозподіл функцій між БпЛА. Наприклад, у разі пригнічення основного каналу передачі даних один із апаратів може тимчасово виконувати функцію ретранслятора сигналу для підтримання взаємодії між іншими елементами групи.

Важливою перевагою адаптивних систем є можливість автоматичного перерозподілу завдань, а саме якщо один із БпЛА втрачає працездатність або виходить із зони стабільного зв'язку, його функції можуть передаватися іншому апарату без необхідності термінового втручання оператора. Таким чином, одним зі способів підвищення стійкості безпілотних систем до засобів РЕБ є використання комбінованої навігації. Поєднання супутникових, інерціальних і візуальних систем орієнтування дозволяє частково компенсувати втрату GPS-сигналу та підтримувати рух за заданим маршрутом. Окрему увагу необхідно приділяти резервним каналам зв'язку, оскільки навіть короткочасне порушення взаємодії між апаратами може призвести до втрати синхронізації дій. Використання декількох незалежних каналів передачі даних дозволяє підвищити стійкість системи в умовах активного радіоелектронного впливу. Ефективність застосування БпЛА

залежить не лише від технічних рішень, а й від правильного планування місії. Попередній аналіз районів можливого застосування засобів РЕБ та підготовка резервних сценаріїв дій дозволяють зменшити ризик втрати управління.

Подальший розвиток безпілотних систем безпосередньо пов'язаний із підвищенням рівня автономності управління. Це зумовлено тим, що в сучасних умовах групи БпЛА повинні зберігати здатність до узгоджених дій навіть за нестабільного зв'язку або часткової втрати керування. У результаті зменшується залежність від наземного пункту управління, а загальна стійкість системи в умовах радіоелектронного впливу зростає. Водночас актуальним залишається розвиток алгоритмів оцінки електромагнітної обстановки та розширення можливостей бортової обробки даних. Це дає змогу швидше реагувати на можливі загрози, своєчасно коригувати маршрути польоту та зменшувати навантаження на канали зв'язку.

Таким чином, в умовах активного застосування засобів радіоелектронної боротьби особливого значення набуває здатність груп БпЛА зберігати керованість і координацію дій навіть за нестабільного зв'язку. Використання автономних алгоритмів, резервних каналів передачі даних та автоматичного перерозподілу функцій між апаратами дозволяє підвищити стійкість безпілотних авіаційних комплексів і ефективність виконання поставлених завдань, що є дуже цінним та важливим в умовах сьогодення.

С.П. Фриз, Ю.О. Гордієнко, І.А. Солоній

Житомирський військовий інститут імені С. П. Корольова

МОЖЛИВОСТІ ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ АКУСТИЧНОЇ СКЛАДОВОЇ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЖИВУЧОСТІ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ СИСТЕМ ПІД ЧАС ОБСТРІЛУ

Як засвідчують результати зведеного аналізу вивчення та впровадження бойового досвіду, противником все активніше застосовуються високоточні зразки стрілецького озброєння, такі як снайперські рушниці великого калібру для вирішення завдань протидії та вогневого ураження розвідувально-ударних безпілотних літальних апаратів (БпЛА), що знаходяться на озброєнні та використовуються підрозділами безпілотних систем Збройних Сил України для нанесення повітряних ударів за допомогою широкого спектру авіаційних боєприпасів.

Тому, виявлення факту обстрілу БпЛА стрілецькою зброєю є одним із актуальних завдань, вирішення якого може базуватися на результатах як окремого так і комплексного аналізу візуальних, акустичних та

радіолокаційних спостережень, за якими визначається наявність руху кулі у обмеженому показниками чутливості сектору повітряного простору.

Існуючі сучасні наукові підходи, які здатні вирішувати завдання виявлення факту пострілу стрілецької зброї, ґрунтуються на прояві фізичних демаскуючих ознак, які за своєю природою виникнення супроводжують процес пострілу. Однією із таких ознак, яку важко приховати навіть за наявності великого рівня стороннього шуму – є звук, що генерується прольотом кулі в середовищі. Тей факт, що досить важко візуалізувати рух кулі, які пройшли поруч із БпЛА, повинен сприяти тому, що серед множини можливих варіантів реалізації створення засобів здатних виявляти факт обстрілу БпЛА стрілецькою зброєю, за технічною доцільністю пріоритетність слід надавати розробкам, що створюються на основі акустичного методу. Додатковими практичними перевагами, щодо вибору акустичної складової, є їх невисока вибагливість до роботи за складних метеорологічних умов, високий рівень стійкості до більшості можливих зовнішніх впливів, відносно невисока вартість таких засобів та доступність у виборі оригінальних комплектуючих та їх швидкої заміни на аналоги в разі необхідності, простота встановлення на БпЛА тощо.

В даній роботі запропоновано загальні підходи, щодо процесу виявлення факту обстрілу БпЛА стрілецькою зброєю противника за результатом обробки та порівняльного аналізу акустичних сигналів, генерованих пострілом. Представлений в доповіді запропонований підхід ґрунтується на результатах одночасного вирішення завдань виявлення та фільтрації параметрів звукових хвиль з подальшою фіксацією акустичного збурення та моменту різкої зміни тиску, визначення фрагменту огинаючої сигналу утвореного фронтом хвилі прольоту кулі стрілецької зброї.

За результатами проведених досліджень, запропоновано математичну модель, яка враховує залежність між усередненим значенням рівня зовнішнього шуму та відстанню до траєкторії руху кулі, що дозволяє оптимізувати швидкість реакції системи на виявлений факт обстрілу БпЛА.

У доповіді наведено результати тестування описаного методу на основі експериментального зразка (у вигляді макета) стаціонарного засобу виявлення факту обстрілу БпЛА стрілецькою зброєю.

Реалізація даного підходу дозволяє оперативно оцінювати рівень небезпеки та зкорегувати подальші дії оператора БпЛА в залежності від вибраного (встановленого) режиму управління польотом.

Подальшим напрямком дослідження за даною тематикою можливо вважати збір та аналіз матеріалів, що регламентують не лише факт застосування стрілецької зброї противником, а й визначення з подальшою фіксацією місця її застосування для введення коректив командирами щодо планування та вибору маршрутів руху розвідувально-ударних БпЛА та проведення необхідних заходів щодо ураження виявлених місць стрілецької зброї противника.

Розділ VI

СТАНДАРТИЗАЦІЯ, УНІФІКАЦІЯ ТА ІНТЕГРАЦІЯ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ СИСТЕМ В УМОВАХ СЬОГОДЕННЯ

N.O. Chornogor

Ukrainian State Flight Academy

OPTIMIZATION OF AIRCRAFT PRE-FLIGHT INSPECTION USING UAVS WITH COMPUTER VISION TECHNOLOGY

Relevance of the topic lies in the necessity of implementing technological tools capable of simultaneously enhancing control quality and reducing time consumption-objectives that are unattainable within traditional approaches to ground handling on the apron.

Furthermore, as the complexity of modern composite airframes increases, detecting structural fatigue requires higher precision than the human eye can provide. This research addresses the transition from reactive maintenance to a data-driven proactive strategy, ensuring that ground handling keeps pace with the evolution of aerospace engineering.

Current Situation: As aviation traffic recovers and grows, ground services are under pressure to minimize aircraft turnaround time. Traditional manual visual inspection methods are becoming a bottleneck, slowing down the entire turnaround process.

Economic Factor: In a highly competitive environment, carriers cannot afford financial losses due to ground delays. Traditional walk-around inspections depend on the human factor (fatigue, lighting conditions) and are time-consuming (up to 30–40 minutes for large aircraft). A delay, or AOG (Aircraft on Ground) status, costs airlines thousands of dollars per hour. The use of UAVs can reduce inspection time by 60-70%.

Beyond direct time savings, the automated approach reduces insurance premiums by documenting the exact state of the aircraft at each departure. This creates a transparent chain of custody for the aircraft's physical integrity, significantly lowering the legal and financial risks associated with undetected "ramp rash" or minor ground collisions.

Smart Airport Integration: The transition to "Smart Airport" standards involves full digitalization. Utilizing UAVs with AI elements is a logical step towards creating Digital Passports for aircraft, allowing the monitoring of airframe condition dynamically over years rather than during a single inspection.

This integration also supports environmental sustainability goals (Green Ground Handling). By optimizing inspection paths and reducing the idle time of support vehicles and Auxiliary Power Units (APU) during lengthy manual checks, airports can substantially lower their carbon footprint and energy consumption on the ramp.

Technical Capabilities: The use of autonomous UAVs equipped with high-resolution (4K/8K) and thermal cameras allows for:

Detailed inspection of hard-to-reach areas (upper fuselage "crown," tail unit, engines) without risks to personnel.

Elimination of bulky high-altitude platforms and ladders on a busy apron, reducing the risk of ground equipment colliding with the aircraft.

Neural networks analyze the video stream in real-time, comparing the current state of the fuselage with the aircraft's Digital Twin.

Automation and "Adaptive Grid" Algorithms: Unlike a human inspector, a UAV implements precise flight paths:

- 3D Scanning: Movement along a trajectory based on the CAD model of the specific aircraft type (e.g., Boeing 737-800).

- Overlap Stability: Ensuring 20–30% image overlap to guarantee 100% focal coverage of the fuselage.

- Elimination of Blind Spots: Easy access to critical zones like the upper fuselage, wing areas, flaps, and the horizontal stabilizer.

Repeatable Precision: A key advantage for engineers:

- Identical Perspectives: The UAV performs inspections at identical coordinates over different time intervals.

- Dynamic Comparison: Software automatically compares images of the same rivet or seam over time. If a micro-crack appears, the system detects it via image overlay, which is physically impossible for the human eye.

Safety Technologies on the Apron:

- RTK (Real-Time Kinematic): Satellite navigation providing positioning accuracy within 1–3 cm.

- LiDAR Perimeter: A "laser cocoon" around the UAV for real-time obstacle detection (e.g., stopping if a fuel truck or catering vehicle approaches).

- SLAM Algorithms: Enabling navigation in critical environments (like hangars) where GPS signals are weak, using the aircraft's contours as landmarks.

Functional Benefits:

- Defect Detection: Automatic logging of dents, cracks, fluid leaks, lightning strikes, or bird strike damage.

- Data Objectivity: Generation of a digital report with precise coordinates for every defect, instantly transferable to engineering services.

- High-Altitude Safety: Enhanced safety by removing the need for physical climbing.

Conclusion: It is crucial to emphasize that a UAV does not replace the engineer but provides them with a high-efficiency decision-making tool. The future of this technology lies in its global scalability; a scan performed in London can be analyzed by a specialist in New York in seconds, fostering a globalized network of engineering expertise. As regulatory frameworks like EASA and FAA continue to evolve, the standardization of UAV inspections will become the benchmark for airworthiness worldwide.

This addresses potential resistance regarding "robots replacing humans." The implementation of autonomous inspection systems is an economically viable and technologically necessary step. It elevates the aviation industry to a new level of safety and productivity, where AI becomes a reliable partner for engineering staff, ensuring the sustainable development of air transport in today's dynamic environment.

Л.М. Артюшин, П.П. Шабанов

Державний науково-дослідний інститут авіації

КОМБІНОВАНИЙ МЕТОД БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОГО ОЦІНЮВАННЯ ПРОЄКТІВ ПОСТАЧАННЯ ПЛАНЕРУВАЛЬНИХ КЕРОВАНИХ АВІАЦІЙНИХ БОМБ

Сучасні умови ведення бойових дій характеризуються високою динамікою, широким застосуванням засобів радіоелектронної боротьби та зростанням ролі високоточного авіаційного озброєння. У таких умовах постає проблема обґрунтованого вибору оптимального проєкту постачання планерувальних керованих авіаційних бомб (ПКАБ), який повинен враховувати не лише тактико-технічні характеристики, а й інші фактори. Практична потреба у підвищенні обґрунтованості рішень щодо вибору та постачання ПКАБ вимагає застосування сучасних методів багатокритеріального аналізу, здатних працювати в умовах невизначеності та суперечливих вхідних даних. У роботі запропоновано комбінований метод багатокритеріального оцінювання проєктів постачання ПКАБ на основі методів аналізу ієрархій (МАІ), TOPSIS та апарату нечіткої логіки.

Система критеріїв оцінювання проєктів постачання ПКАБ формується на основі чотирьох базових груп критеріїв: тактико-технічних, економічних, логістично-виробничих та експлуатаційних.

До складу тактико-технічних критеріїв належать дальність планування, точність ураження цілі, стійкість до засобів радіоелектронної боротьби (РЕБ) та потужність бойової частини. Економічна група критеріїв характеризує навантаження на оборонний бюджет та охоплює вартість проєкту, термін окупності, вартість життєвого циклу та витрати на інтеграцію. Логістично-виробничі критерії включають терміни постачання, масштабованість виробництва, надійність ланцюгів постачання та логістичні витрати. До експлуатаційних критеріїв віднесено сумісність із авіаційними платформами, простоту підготовки до бойового застосування, швидкість підготовки та складність регламентного обслуговування.

Для визначення вагових коефіцієнтів критеріїв застосовано МАІ Т. Сааті. Побудова матриці попарних порівнянь здійснювалася на основі експертного оцінювання із використанням шкали Сааті від 1 до 9, де 1 відповідає рівній значущості критеріїв, а 9 – абсолютній перевазі одного критерію над іншим. На основі усереднених експертних оцінок сформовано матрицю попарних порівнянь та визначено вектор пріоритетів методом нормалізації.

Для матриці розмірністю $n = 4$ отримано вектор вагових коефіцієнтів:

$$W = [0,56; 0,09; 0,26; 0,05].$$

Перевірка узгодженості експертних суджень проводилася шляхом розрахунку індексу узгодженості та відношення узгодженості. Отримане значення відношення узгодженості $VU = 0,043$ є меншим за граничне значення 0,10, визначене методологією МАІ, що свідчить про достатній

рівень узгодженості експертних оцінок та можливість використання отриманих вагових коефіцієнтів у подальшому багатокритеріальному аналізі.

На наступному етапі для ранжування альтернатив застосовано метод TOPSIS, який дозволяє визначити оптимальний варіант на основі відстаней до позитивного та негативного ідеальних рішень. Метод передбачає побудову нормованої матриці рішень та розрахунок коефіцієнта відносної близькості альтернативи до ідеального рішення.

Для моделювання багатокритеріального вибору розглянуто чотири альтернативні проекти постачання ПКАБ. Проект А представляє високотехнологічну систему з максимальною дальністю застосування та підвищеною стійкістю до РЕБ, однак характеризується високою вартістю та тривалим виробничим циклом. Проект Б є прикладом збалансованої імпортової системи із високою надійністю, середньою вартістю та широкою сумісністю з носіями. Проект В передбачає модернізацію наявних вільнопадаючих авіаційних бомб шляхом встановлення модулів керування, що забезпечує економічну доцільність та масовість виробництва. Проект Г базується на закупівлі готових зразків у третіх країн та характеризується мінімальними термінами постачання за наявності середніх тактико-технічних характеристик.

Оцінювання альтернатив здійснювалося експертами за десятибальною шкалою з використанням вагових коефіцієнтів, отриманих методом МАІ. Після виконання процедур нормалізації та розрахунку евклідових відстаней до позитивного й негативного ідеальних рішень отримано коефіцієнти відносної близькості альтернатив.

Результати аналізу показали, що проект А посідає перше місце завдяки домінуванню тактико-технічних характеристик, які в умовах високотехнологічної війни мають визначальний вплив на ефективність застосування ПКАБ. Проект Б продемонстрував близькі результати та може розглядатися як оптимальна альтернатива у разі зростання логістичних ризиків проекту А. Проект В доцільно використовувати як засіб забезпечення масовості озброєння та зниження витрат, однак його технологічний потенціал є обмеженим. Найнижчі результати отримав проект Г, оскільки переваги швидкого постачання не компенсують недостатній рівень точності ураження та стійкості до засобів РЕБ.

Для моделювання параметрів із високим рівнем невизначеності, зокрема ефективності систем наведення в умовах активної протидії РЕБ, запропоновано використання апарату нечіткої логіки. Застосування нечітких множин дозволяє перейти від жорстко детермінованих числових значень до лінгвістичних оцінок, що більш адекватно відображають реальні умови бойового застосування ПКАБ.

В умовах інтенсивної радіоелектронної боротьби ефективність системи наведення є динамічною характеристикою, яка залежить від щільності завад, спектральних характеристик засобів РЕБ противника та алгоритмічної стійкості системи управління ПКАБ. Використання комбінованого підходу на основі МАІ, TOPSIS та нечіткої логіки дозволяє підвищити обґрунтованість прийняття рішень під час вибору оптимального проекту постачання ПКАБ в умовах невизначеності та багатокритеріальності.

Б.В. Білокопитов, М.В. Баландін, М.П. Горбач

Національна академія Сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного

СТАНДАРТИЗАЦІЯ, УНІФІКАЦІЯ ТА ІНТЕГРАЦІЯ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ СИСТЕМ В УМОВАХ СЬОГОДЕННЯ

Динаміка розвитку сучасних збройних конфліктів свідчить про докорінну зміну ролі безпілотних авіаційних систем, які перетворилися з допоміжних засобів розвідки на базовий інструмент вогневого ураження та стратегічного стримування. Проте стрімке насичення військ різнотипними зразками озброєння призвело до виникнення критичного розриву між кількісними показниками та системною ефективністю застосування. Сьогодні актуальність стандартизації, уніфікації та інтеграції безпілотних систем виходить за межі суто технічних питань і стає запорукою збереження боєздатності підрозділів. Стандартизація в умовах сьогодення має розглядатися як фундаментальний процес впровадження єдиної архітектури відкритих систем, що дозволяє забезпечити взаємозамінність ключових компонентів та модульність корисного навантаження. Це передбачає перехід від закритих пропріетарних рішень окремих виробників до загальноприйнятих протоколів обміну даними, що гарантує стійкість каналів управління до засобів радіоелектронної боротьби та забезпечує сумісність засобів зв'язку різних рівнів. Важливим аспектом є уніфікація апаратних інтерфейсів, що дозволяє оперативно адаптувати борт під конкретне бойове завдання шляхом швидкої заміни систем скиду або засобів ретрансляції без проведення глибокої технічної модернізації.

Процес уніфікації вузлів та агрегатів є критичним для оптимізації логістичного забезпечення в умовах високої інтенсивності бойових дій. Створення єдиної бази сертифікованих комплектуючих, від двигунів та польотних контролерів до систем живлення та пропелерів дозволяє суттєво знизити навантаження на підрозділи забезпечення та підвищити коефіцієнт технічної готовності парку безпілотних літальних апаратів. Уніфікація засобів наземного керування є не менш пріоритетною, оскільки вона дозволяє використовувати єдиний програмно-апаратний комплекс для управління різнотипними безпілотними авіаційними системами, що значно спрощує процес підготовки операторів та мінімізує вплив людського фактора під час виконання складних місій.

Окрім технічного аспекту, уніфікація сприяє створенню єдиної методологічної бази навчання, де базові навички пілотування та бойового застосування стають універсальними для широкого спектра систем. Це створює умови для гнучкого маневрування ресурсами, коли фахівець здатний ефективно застосовувати різні типи комплексів залежно від оперативної обстановки без тривалої перепідготовки.

Найвищим ступенем розвитку безпілотних систем є їх повна інтеграція в автоматизовані системи управління військами та єдиний інформаційний

простір. В умовах сучасних мережецентричних операцій безпілотні авіаційні системи не можуть функціонувати як ізольовані одиниці. Вони мають виступати активними вузлами загальної мережі розвідки та ураження, забезпечуючи миттєву передачу цілевказання артилерійським підрозділам та іншим засобам вогневої підтримки. Інтеграція передбачає впровадження алгоритмів автоматизованої обробки відеопотоку за допомогою штучного інтелекту, що дозволяє в реальному часі ідентифікувати пріоритетні цілі та розподіляти їх між вогневими засобами в автоматичному режимі.

Важливим напрямком є також організація взаємодії повітряних систем із наземними та морськими роботизованими комплексами для створення багатодомених розвідувально-ударних контурів. Математичне моделювання ефективності застосування інтегрованих систем показує суттєве зростання ймовірності виконання бойового завдання при значному зниженні витрат боєприпасів та часу на ураження цілі.

Таким чином, лише комплексний підхід, що поєднує жорстку стандартизацію технічних рішень, глибоку уніфікацію компонентів та безшовну інтеграцію в системи управління, дозволить трансформувати безпілотну авіацію в потужний інструмент сучасної високотехнологічної війни, здатний забезпечити стратегічну перевагу на полі бою. Вироблення та впровадження таких стандартів сьогодні є першочерговим завданням як для наукової спільноти, так і для оборонно-промислового комплексу.

Є.В. Гончаренко¹, О.В. Радько¹, В.М. Купрій², Г.С. Степанов²

¹Національний університет оборони України,

²Командування Сил безпілотних систем Збройних Сил України

ПІДХОДИ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ ДЛЯ ОЦІНКИ РИЗИКІВ БЕЗПЕКИ ПОЛЬОТІВ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ

Актуальність теми. Безпілотні літальні апарати (БПЛА) 2-го та 3-го класу, керовані зовнішніми пілотами, стали незамінним інструментом сучасної війни. Їхня ефективність у розвідці та ураженні цілей незаперечна, але вона нерозривно пов'язана зі складністю процесів планування, де кожне рішення є балансуванням на межі тактичної переваги та потенційного авіаційного інциденту. Огляд провідних військових доктрин, таких як Спільна повітряно-космічна доктрина НАТО (AJP-3.3), показує, що управління ризиками є цілісним та комплексним процесом. Однак у цьому підході є фундаментальна проблема: конкретні питання безпеки польотів як такі не розглядаються окремо від інших ризиків. Вони стають одним із багатьох факторів, що “зважуються” на терезах поряд із ризиком

невиконання бойового завдання, загрозою з боку протиповітряної оборони чи радіоелектронної боротьби противника. В результаті пріоритет порятунку життів та уникнення шкоди, що є аксіомою для цивільної авіації, розмивається та стає предметом компромісу у військовому плануванні.

Для забезпечення належного рівня безпеки польотів у світовій авіаційній практиці розроблено значну кількість методів оцінки ризиків, що охоплюють спектр від найпростіших якісних інструментів до складних структурованих методологій, схвалених міжнародними авіаційними організаціями. Вони складають основу будь-якої Системи управління безпекою польотів (SMS), функціонування якої регулюється положеннями Додатка 19 до Конвенції про міжнародну цивільну авіацію. У традиційному, переважно цивільному контексті, ці процедури демонструють високу ефективність, оскільки базуються на передбачуваності операційного середовища, наявності розвиненої інфраструктури для збору статистичних даних та відносній стабільності умов експлуатації. Однак застосування цих методів у військовій сфері, особливо в контексті експлуатації безпілотних авіаційних систем у бойових умовах, виявляє кілька суттєвих концептуальних та практичних обмежень. Рівень невизначеності, фрагментація вхідних даних, динаміка операційної ситуації, а також наявність активного противника, який навмисно створює загрози, роблять класичні підходи недостатньо точними та непридатними для реалістичної оцінки ризиків.

Для кількісної оцінки ризику безпеки польотів під час використання БПЛА доцільно дослідити фактори, що впливають на безпеку польотів (небезпеки) всіх його елементів. Загалом, ризик не має чітких меж, тому автори пропонують використовувати підходи нечіткої логіки. Під час вирішення аналітичних задач формалізації невизначеної інформації однією з найбільш розроблених математичних теорій в інженерії є теорія нечітких множин. Алгоритм цього методу реалізовано програмним пакетом MATLAB: Simulink та Fuzzy Logic Designer.

Для побудови нечіткої логічної моделі ризику безпеки польотів БПЛА визначаються фактори, що впливають на безпеку польотів БПЛА.

Для військових БПЛА 2 та 3 класів ці фактори подібні до факторів для цивільних, але з деякими суттєвими відмінностями. Зокрема, враховуються особливості військового регуляторного середовища, оскільки зростає важливість стійкості до дій противника, здатності виконувати конкретні бойові завдання та дотримання військових стандартів тощо.

Для будь-якого елемента БПЛА можна визначити фактори, що визначають якість функціонування цієї системи з точки зору безпеки польотів. На думку авторів, серед різноманіття факторів безпеки польотів БПЛА доцільно виділити вплив наступних основних груп факторів з одночасним визначенням діапазонів їх можливих значень:

людський фактор, під яким розглядається рівень готовності зовнішнього пілота (оператора) БПЛА, в діапазоні від 0 до 1,
стан БПЛА, від 0 до 1,

фактор середовища, від 0 до 1,
організація (планування) використання БПЛА, від 0 до 1.

На етапі отримання значень ризику для безпеки розраховується чіткий вихідний показник – Ризик безпеки польотів БПЛА, який може приймати значення в діапазоні від 0 до 1. Наразі існує багато підходів до визначення критеріїв оцінки рівня ризику. Автори запропонують розділити діапазон можливих значень Ризику безпеки польотів БПЛА на такі чотири зони: $0 < R \leq 0,4$ – низький; $0,4 < R \leq 0,6$ – середній; $0,6 < R \leq 0,85$ – серйозний; $0,85 < R \leq 1$ – високий. Однак, залежно від умов експлуатації безпілотних авіаційних систем, особи, що приймають рішення, можуть коригувати межі цих зон. Рішення на виконання місії БПЛА приймається залежно від рівня (зони) ризику.

Висновок. Практичне значення запропонованої методології полягає в можливості її інтеграції в процедури планування польотів, систему навчання операторів БПЛА, алгоритми автоматизованих комплексів керування та систему управління ризиками підрозділів, що експлуатують безпілотні системи.

О.В. Касянчик, О.С. Чечет

Державний науково-дослідний інститут авіації

ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО ІНТЕГРАЦІЇ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ СИСТЕМ У СИСТЕМИ ОПЕРАТИВНОГО МОНІТОРИНГУ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СУЧАСНИХ БЕЗПЕКОВИХ І ОБОРОННИХ ПРОЦЕСІВ

Сучасне безпекове середовище характеризується високою інтенсивністю бойових дій, інформаційною насиченістю та критичною залежністю від швидкості прийняття рішень. Трансформація характеру збройної боротьби, цифровізація управлінських процесів і зростання ролі інформаційної переваги зумовлюють необхідність впровадження інноваційних технологічних рішень у системи оперативного моніторингу та інформаційно-аналітичного забезпечення. У цих умовах безпілотні авіаційні системи (БпАС) переходять від ролі засобів дистанційного спостереження до ключових елементів систем *real-time intelligence* та оперативного управління бойовим простором.

Еволюція сучасної збройної боротьби визначається переходом до концепції *multi-domain operations*, у межах якої повітряний, наземний, кібер- та інформаційний простори функціонують як єдине інтегроване середовище.

У цьому контексті БпАС виступають критичними вузлами збору, передачі та первинної обробки геопросторових даних, забезпечуючи формування *battlefield awareness* у режимі реального часу та підвищення ситуаційної обізнаності на всіх рівнях управління.

Сучасні безпілотні авіаційні системи є інтегрованими технологічними комплексами, що включають оптико-електронні, тепловізійні та мультиспектральні сенсори, навігаційні модулі, системи супутникового позиціонування та захищені канали передачі даних. Їх поєднання з геоінформаційними системами (GIS), цифровими платформами та аналітичними сервісами формує єдине інформаційно-аналітичне середовище, яке забезпечує збір, обробку, візуалізацію та інтерпретацію геопросторових даних для підтримки прийняття рішень.

Одним із ключових напрямів розвитку є інтеграція БпАС з інтелектуальними аналітичними системами на основі алгоритмів штучного інтелекту та машинного навчання. Це забезпечує автоматизоване розпізнавання об'єктів, класифікацію загроз, аналіз змін оперативної обстановки та прогнозування її розвитку. Такий підхід формує перехід від реактивної моделі реагування до проактивної системи управління, орієнтованої на досягнення *decision superiority*.

Особливого значення набуває використання БпАС в умовах активного застосування засобів радіоелектронної боротьби (EW/РЕБ). Це висуває вимоги до підвищення стійкості каналів зв'язку, впровадження адаптивних навігаційних рішень, автономних режимів функціонування та резервування систем управління, що є критичним для збереження оперативної ефективності в умовах радіоелектронного впливу та кіберзагроз.

Практичне застосування безпілотних систем охоплює аеророзвідку, оперативне спостереження за визначеними районами, контроль переміщення об'єктів та оцінювання змін оперативної обстановки. Використання тепловізійних і мультиспектральних сенсорів дозволяє здійснювати ефективне виявлення об'єктів у складних погодних умовах і при обмеженій видимості, підвищуючи ефективність інформаційного супроводу оборонних і безпекових операцій.

Інноваційним напрямом розвитку є впровадження технологій *data fusion*, що передбачає інтеграцію даних із БпАС, супутникових систем, наземних сенсорів та інших джерел у єдину аналітичну платформу. Це значно підвищує точність просторового аналізу, рівень ситуаційної обізнаності та оперативність реагування на зміни обстановки.

Важливою складовою сучасної трансформації є розвиток мережево-центричних систем управління, у межах яких БпАС інтегруються в єдиний цифровий інформаційний простір. Поєднання безпілотних платформ із хмарними технологіями, геоінформаційними сервісами, аналітичними модулями та системами оперативного зв'язку забезпечує автоматизацію процесів збору, обробки та передачі інформації, що підвищує швидкість інформаційного обміну та адаптивність систем реагування.

Перспективним напрямом є створення цифрових двійників оперативного простору на основі даних дистанційного зондування та просторової аналітики.

Такі моделі дозволяють моделювати розвиток бойової обстановки, прогнозувати ризики та забезпечувати підтримку прийняття рішень у режимі реального часу. У поєднанні з автономними системами управління це формує основу майбутніх цифрових оборонних екосистем.

Водночас інтеграція БпАС у сучасні інформаційно-аналітичні системи супроводжується низкою викликів, серед яких ключовими є забезпечення кібербезпеки, захист каналів передачі даних, стійкість до зовнішнього радіоелектронного впливу та необхідність удосконалення нормативно-правового регулювання використання безпілотних платформ у цифровому середовищі.

Таким чином, інтеграція безпілотних авіаційних систем у сучасні системи оперативного моніторингу та інформаційно-аналітичного забезпечення формує якісно новий рівень функціонування безпекового та оборонного секторів. Використання БпАС забезпечує підвищення рівня ситуаційної обізнаності, оперативності управління та ефективності аналітичної підтримки, що є визначальним у контексті сучасних багатовимірних конфліктних середовищ. Подальший розвиток цих технологій пов'язаний із поглибленням інтеграції штучного інтелекту, автономних систем, *data fusion* та мережево-центричних моделей управління, що формують основу технологічної переваги майбутнього.

Г.М. Качуровський¹, І.Є. Ряполов²

¹Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба

²Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки

ГАРМОНІЗАЦІЯ ВІТЧИЗНЯНОЇ ТЕРМІНОЛОГІЇ ЩОДО ПОКАЗНИКА РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ ПОМІТНОСТІ БПЛА З ПРИЙНЯТОЮ В НАТО

Однією із складових загальних технічних вимог до такого зразка озброєння як безпілотний літальний апарат (БпЛА) являється комплексний показник помітності (згідно ВСТ 20.39:0000.001:2025(02)). В рамках теорії кваліметрії, показник помітності складається з ряду показників, одним з яких є радіолокаційна помітність (РЛП) - властивість БпЛА бути виявленим в радіолокаційному діапазоні хвиль радіолокаційними засобами

(радіолокаційні засоби визначено як радіолокаційні комплекси, станції, пристрої у відповідності до ДСТУ 2526 - 94).

БпЛА для засобів радіолокації являється ціллю (радіолокаційною) (ДСТУ 2663-94), РЛП якої характеризується діаграмою зворотнього вторинного випромінення (ДЗВВ).

ДЗВВ визначено як “залежність ефективної площі вторинного випромінення цілі (ЕПЦ) від напрямку її опромінення” (згідно ДСТУ 2663-94). ЕПЦ в свою чергу визначено як “площа поверхонь такого рівномірного вторинного випромінювача, який ізотропно (тобто рівномірно у всіх боках) під час розсіювання енергії хвилі, що падає, створює в точці прийому такої ж сили потоку енергії, як і реальна ціль” (у відповідності до ДСТУ 2663-94, Довідник під. ред. Ширмана Я.Д.).

Окремо відзначимо, що в академічній спільноті широкого вжитку набули терміни (та відповідні визначення) “ефективна поверхня розсіювання”, “ефективна площа розсіювання”, однак ці терміни та їх визначення не являються стандартизованими.

В рамках термінології НАТО РЛП об’єктів визначається складовою терміна “Reflectance” (АТТР 3-34.39 (FM 20-3) MCRP 3-17.6A) і відповідає процесу вторинного відбиття зондуючого радіолокаційного сигналу об’єктом (ціллю) в рамках ознак розпізнавання (“Recognition factors”). Показником “Reflectance” (відбиття) визначено “Radar Cross Section” (RCS) (АТТР 3-34.39 (FM 20-3) MCRP 3-17.6A).

Процес відбиття і залежність видимості об’єкту (цілі) від напрямку зондування радіолокаційними засобами описано як “aspect change” (відповідно до ААР-06).

Визначення “Radar cross section (RCS): A measure of the reflective strength of a radar target; usually represented by the symbol σ and measured in square meters. RCS is defined as 4π times the ratio of the power per unit solid angle scattered in a specified direction to the power per unit area in a plane wave incident on the scatterer from a specified direction. More precisely, it is the limit of that ratio as the distance from the scatterer to the point where the scattered power is measured approaches infinity. Three cases are distinguished as follows:

a) Monostatic or backscatter RCS when the incident and reflected scattering directions are coincident but opposite in sense.

b) Forward-scatter RCS: Energy reflected or scattered in the same direction as the incident wave.

c) Bistatic RCS: Energy reflected or scattered in any direction other than the incident direction or opposite of the incident direction.

If not identified, RCS is usually understood to refer to case a). In all three cases, RCS of a specified target is a function of frequency, transmitting and receiving polarizations, and target aspect angle (except for a sphere).

For some applications, (e.g., statistical detection analyses), it is described by its average value (or sometimes its median value) and statistical characteristics

over an appropriate range of one or more of those parameters” (згідно IEEE Std 686-Radar Definitions).

Узагальнюючи наведене вище, визначення терміну RCS за змістом відповідає термінам ЕПЦ і ДЗВВ однак, на відміну від їх лаконічних визначень, має розгорнутий деталізований опис: моностатична, бістатична, залежність від частоти і поляризації хвилі на випромінення і прийом і для деяких застосувань може визначатись середнім або медіанним значенням та статистичними характеристиками у відповідному діапазоні одного або декількох із цих параметрів.

Розширення стандартизованих термінів описом допустиме.

Тому пропонується застосовувати ДЗВВ в стандартах загальних технічних вимог БпЛА (на рівні узагальнення зразка озброєння) в якості показника РЛП з додатковим описом: ДЗВВ залежить від частоти, поляризації опромінюючої та розсіяної хвилі, з можливістю узагальнення (за потреби) середнім або медіанним значеннями та статистичними характеристиками у відповідному діапазоні одного або декількох із цих параметрів.

С.В. Корнійчук, В.Ф. Микитин

Науковий центр Сухопутних військ Національної академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного

АКТУАЛЬНІСТЬ СТВОРЕННЯ ПІДРОЗДІЛІВ БЕЗПІЛОТНИХ СИСТЕМ В ПІДРОЗДІЛАХ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ОБОРОНИ

Сучасний військовий конфлікт Україні остаточно закріпив статус безпілотних систем (БпС) як домінуючий фактор на полі бою.

Перехід від аматорського використання дронів до створення системних підрозділів — це не просто вимога часу, а критична необхідність для збереження життів та досягнення вогневої переваги.

Станом на сьогодні в кожній бригаді територіальної оборони створені батальйони БпС.

1. Економічна ефективність та “Асиметрія війни”.

Одним із головних аргументів на користь підрозділів БпС є співвідношення вартості та результату.

Витрати - вартість одного FPV- дрона або ударного БпС в сотні разів менша за вартість танка чи артилерійської установки.

Результат - спеціалізований екіпаж здатний зупинити колону бронетехніки, не вступаючи у прямий вогневий контакт, що мінімізує ризики для особового складу.

2. Трансформація розвідки та управління.

Створення окремих підрозділів дозволяє замкнути цикл "розвідка — ураження" у лічені хвилини.

Ситуаційна обізнаність - наявність постійного "ока в небі" дає командирам змогу спостерігати за полем бою в реальному часі, що нівелює ефект раптовості з боку противника.

Координація - професійні екіпажі інтегруються в єдині системи управління (як приклад, "Кропива"), забезпечуючи миттєву передачу координат наземним засобам ураження противника.

3. Спеціалізація та професійна підготовка.

Робота з БпС сьогодні - це високі технології, що потребують:

РЕБ-стійкості - знання частот та вміння обходити ворожий радіоелектронний захист;

підтримки - обслуговування, прошивки, виготовлення та спорядження боєприпасів;

масштабованості – наявності в підрозділах БпС власної логістики та системи підготовки фахівців, що працює ефективніше за розпорошені групи.

4. Психологічний аспект та безпека.

Використання БпС дозволяє знищувати противника на значній відстані від переднього краю оборони та утримувати особовий склад своїх підрозділів на відстані від епіцентру вибухів, що безпосередньо впливає на збереження життя особового складу своїх підрозділів.

Засоби БпС виконують найнебезпечнішу роботу, а саме: дорозвідку противника в "сірих зонах", нанесення вогневого ураження противнику (підрозділам противника), його знищення одним боєприпасом, проведення мінування в місцях розташування (перебування) противника та коригування вогню під обстрілами.

Висновок.

Створення підрозділів безпілотних систем - це перехід від кількості до якості. Це інвестиція в технологічну перевагу, яка дозволяє нівелювати кількісну перевагу ворога в живій силі та техніці.

У сучасній війні перемагає той, хто швидше знаходить ціль і точніше її вражає, залишаючись при цьому невидимим.

Створення штатних підрозділів БпС сьогодні - це фундамент перемоги завтра.

Р.І. Лобода, І.А. Пількевич

Житомирський військовий інститут імені С. П. Корольова

ТЕРМІНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ УДАРНИХ БПАК

Система військових понять, за допомогою яких класифікуються удари за глибиною ураження об'єктів противника, сформувалася не одразу. Її становлення було пов'язане з розвитком воєнної науки, зміною характеру бойових дій, появою нових засобів розвідки та ураження, а також із поступовим ускладненням оперативної побудови військ. У цьому контексті поява термінів “Front Strike”, “Middle Strike” та “Deep Strike” може розглядатися як спроба розділити різні рівні вогневого впливу залежно від віддаленості цілей, їх значення для угруповання противника та очікуваних наслідків застосування. Ідея поділу бойового простору за глибиною має давнє теоретичне підґрунтя. Її витoki простежуються у міжвоєнний період у межах теорії глибинної операції. Зміст цієї концепції полягав у тому, що успіх досягається не лише проривом переднього краю оборони, а й одночасним впливом на всю оперативну побудову противника. Тобто ураження резервів, пунктів управління, тилових районів, комунікацій і систем забезпечення. Надалі саме цей підхід став основою для розвитку уявлень про глибинне вогневе ураження.

У другій половині ХХ століття можливості ураження об'єктів у глибині бойових порядків істотно зросли завдяки розвитку реактивної авіації, ракетних військ і засобів розвідки. Найбільш виразно це проявилось у США в межах доктрини “AirLand Battle”, яка передбачала одночасний вплив на противника у ближній, оперативній та тилівій глибині. Саме в цей період широкого поширення набув термін “Deep Strike”. Ним позначали удари по резервах, пунктах управління, логістичних вузлах та інших важливих об'єктах, розташованих поза безпосередньою лінією бойового зіткнення.

Інша ситуація спостерігається з термінами “Front Strike” та “Middle Strike”. На відміну від “Deep Strike”, вони не мають такого ж усталеного доктринального підґрунтя і не отримали чіткого нормативного закріплення у військових документах НАТО. Їх поширення пов'язане переважно з новітнім етапом розвитку безпілотних систем, коли виникла потреба практично розподіляти удари за глибиною застосування та характером цілей.

Поняття “Front Strike” доцільно пов'язувати з ураженням об'єктів у районі безпосереднього бойового зіткнення та найближчій тактичній глибині. Практичний результат таких дій полягає у створенні сприятливих умов для виконання завдань підрозділами на конкретній ділянці фронту. Термін “Middle Strike” є менш визначеним у доктринальному сенсі. Зазвичай його використовують для позначення ударів по об'єктах у тактичній та ближній оперативній глибині. Йдеться про райони зосередження резервів, склади боєприпасів, вузли зв'язку, транспортні комунікації, переправи та командні пункти. Такі дії вже виходять за межі безпосереднього впливу на окремий бій і можуть позначатися на здатності противника підтримувати операцію в

цілому. Водночас із військово-наукової точки зору більш точним видається використання поняття “Operational Strike”, оскільки воно повніше відображає оперативний характер такого рівня ураження. Поняття “Deep Strike” у сучасному розумінні охоплює удари по об’єктах у глибокому тилу противника, нерідко на значній відстані від лінії фронту. До таких цілей можуть належати арсенали, аеродроми, енергетичні об’єкти, підприємства оборонно-промислового комплексу, транспортні вузли та центри управління. У цьому випадку значення має не лише безпосереднє руйнування об’єкта, а й досягнення ширшого системного ефекту: порушення логістики, послаблення економічного потенціалу, психологічного впливу та зниження спроможності противника продовжувати бойові дії.

Розвиток безпілотних технологій суттєво змінив практику глибинного ураження. Якщо раніше подібні завдання виконувалися переважно пілотованою авіацією або ракетними комплексами великої дальності, то нині дедалі більша частина таких функцій може покладатися на безпілотні системи різних класів. Це дало змогу зменшити вартість застосування, підвищити масовість ударів і розширити перелік потенційних цілей. У сучасних підходах НАТО також простежується тенденція до використання ширших понять, зокрема “deep fires”, “long-range precision strike”, “cross-domain fires” та “effects-based operations”. Такий підхід свідчить про зміщення уваги від самого факту нанесення удару до кінцевого результату, тобто ефекту, досягнутого в межах бою, операції або кампанії.

З огляду на викладене, використання англійських термінів “Front Strike”, “Middle Strike” та “Deep Strike” у вітчизняній військовій термінології видається недостатньо обґрунтованим. Зазначені поняття не мають офіційного нормативного закріплення у національних керівних документах, а окремі з них не характеризуються усталеним військово-науковим тлумаченням. Це може створювати передумови для неоднозначного розуміння їх змісту під час підготовки документів, планування дій або проведення наукового аналізу. Більш доцільним є застосування термінів, побудованих відповідно до рівнів ведення бойових дій та чинної системи оперативного мистецтва. У цьому контексті обґрунтованими видаються поняття: тактичний авіаційний удар БпАК, оперативний авіаційний удар БпАК та стратегічний авіаційний удар БпАК. Такий підхід дає змогу точніше визначити рівень цілей, глибину застосування та очікуваний результат ураження. Тактичний рівень пов’язаний із безпосереднім впливом на обстановку на полі бою, оперативний – із порушенням функціонування угруповання противника в межах операції, а стратегічний – із послабленням його воєнного, економічного та державного потенціалу.

Отже, для нормативних документів, бойових статутів, наукових досліджень і службового листування доцільно використовувати національно унормовану систему термінів. Вона є зрозумілішою для вітчизняної військової практики, краще узгоджується з чинною системою військового управління та відповідає потребам подальшого розвитку воєнної науки.

Б.Ю. Наусенко

Державний науково-дослідний інститут авіації

ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ СТВОРЕННЯ УНІВЕРСАЛЬНОЇ БЕЗПЛОТНОЇ АВІАЦІЙНОЇ ПЛАТФОРМИ

Сучасний досвід застосування безпілотних авіаційних систем (далі – БпАС) демонструє потребу у створенні безпілотних авіаційних платформ, які будуть здатні виконувати широкий спектр завдань в залежності від наявної бойової обстановки. Ці виклики вимагають від БпАС бути гнучкими та адаптивними.

Одним із перспективних напрямів розвитку БпАС є створення універсальної платформи модульного типу, яка забезпечує можливість швидкої зміни цільового споряддя та адаптації системи до виконання різних завдань. Така платформа може використовуватись для ведення повітряної розвідки, фото- та відеофіксації, коригування вогню, ретрансляції сигналу, доставки малогабаритних вантажів, радіоелектронного моніторингу, а також інтеграції перспективних модулів штучного інтелекту для автоматизації окремих процесів.

Універсальна платформа – це не просто літальний апарат, а відкрита архітектура, здатна трансформуватися під конкретне завдання за лічені хвилини.

До основних принципів проектування таких платформ можна віднести:

модульність цільового споряддя (використання уніфікованих кріплень та інтерфейсів, а також можливість швидкої заміни окремих модулів);

гнучкість системи зв'язку та керування (підтримка різних частотних діапазонів для протидії засобам РЕБ противника, використання виносних антен та ретрансляторів для збільшення радіуса дії тощо);

відкрита архітектура програмного забезпечення (сумісність з популярними польотними стеками, таких як ArduPilot або PX4, а також можливість інтеграції алгоритмів ШІ для автономного розпізнавання цілей та донаведення без участі оператора);

енергоефективність та масштабованість (оптимізація ваги каркасу БпЛА (наприклад за рахунок використання композитних матеріалів) для збільшення часу польоту, уніфікація джерел живлення (стандартні збірки Li-ion/Li-Po));

живучість та ремонтпридатність (проста заміна двигунів або лопатей у польових умовах без спецобладнання, а також дублювання критичних систем (навігації, наведення тощо)).

Таким чином, створення уніфікованої платформи безпілотної авіаційної системи є актуальним напрямом розвитку сучасних БпАС. Реалізація модульного підходу дозволить підвищити гнучкість застосування безпілотних авіаційних комплексів, оптимізувати ресурси та забезпечити швидку адаптацію цих самих БпАС до змін характеру сучасних бойових дій.

І.А. Омельчук, І.А. Пількевич

Житомирський військовий інститут імені С. П. Корольова

СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИПРОБУВАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ СИСТЕМ

Сучасний етап розвитку озброєння характеризується неухильним зростанням ролі безпілотних систем, що обумовлює необхідність інтенсифікації процесів проєктування, створення та виробництва новітніх безпілотних комплексів різного функціонального призначення. Одним із визначальних етапів підтвердження відповідності технічних характеристик установленим тактико-технічним вимогам є проведення випробувань. Методичне забезпечення випробувань має ґрунтуватися на стандартизованих алгоритмах і процедурах. У сучасній практиці підтвердження достовірності результатів досягається шляхом акредитації випробувальних лабораторій відповідно до вимог стандарту ISO/IEC 17025:2019, який визначає критерії компетентності лабораторій та рівень якості проведених досліджень. Запровадження зазначених підходів сприяє зниженню технічних бар'єрів у взаємодії з європейськими виробниками озброєння та військової техніки.

Стрімкий розвиток сучасних засобів військової техніки зумовлює появу нових способів ведення бойових дій і активне впровадження дистанційно керованих систем різного функціонального призначення. Інформація щодо граничних можливостей зразків озброєння та їхніх характеристик в різних умовах експлуатації є важливим чинником підвищення ефективності їх застосування під час виконання бойових завдань. У цьому контексті особливої актуальності набувають розроблення та впровадження методів оброблення результатів випробувань, спрямованих на забезпечення об'єктивного оцінювання тактико-технічних характеристик безпілотних комплексів. Проблематика оцінювання результатів випробувань є предметом активного наукового обговорення серед фахівців у галузі випробувань військової техніки. У наукових працях здійснено аналіз нормативно-правових засад прийняття безпілотних комплексів на озброєння, сформовано кваліметричні моделі етапів створення інформаційно-вимірювальних систем, а також досліджено проблеми впровадження інтегрованих систем управління якістю, що виникають у процесі адаптації вимог стандартів НАТО серії AQAP 2000 до положень стандарту ISO 9001.

Результати аналізу наукових джерел дають підстави стверджувати, що система технічного регулювання у сфері оборони перебуває на стадії трансформації та поступового переходу до міжнародних стандартів. Представлене дослідження присвячене розв'язанню актуальної науково-прикладної задачі, пов'язаної з оцінюванням стійкості методів випробування зразків продукції. Оскільки результати випробувань є основним джерелом інформації щодо відповідності продукції встановленим вимогам,

забезпечення їхньої достовірності має першочергове значення. Досягнення цього можливе шляхом підтвердження точності застосованих методик та формування довіри до результатів випробувань загалом.

Верифікацію доцільно розглядати як процедуру, що забезпечує високий рівень упевненості у відповідності певного процесу або методу встановленим критеріям прийнятності. Основною метою верифікації є підтвердження стабільності результатів випробувань у разі зміни вхідних параметрів, тобто визначення стійкості методики до впливу зовнішніх чинників.

У межах валідаційної моделі використовується змінна величина, що характеризує параметри проведення випробувань. Такими параметрами можуть виступати зміни оператора, умов навколишнього середовища або часових інтервалів між проведенням випробувань. У процесі дослідження визначається ступінь взаємозв'язку між зміною вхідних параметрів та результатами випробувань.

Для оцінювання інтенсивності такого взаємозв'язку застосовується кореляційний аналіз, ключовим показником якого є коефіцієнт кореляції. Запропонований підхід дозволяє встановити, чи впливає зміна окремих параметрів проведення випробувань на кінцеві результати дослідження. З цією метою здійснюють два послідовні випробування одного й того самого зразка за умови незмінності всіх параметрів експерименту, окрім одного, вплив якого підлягає оцінюванню.

Для статистичного аналізу результатів випробувань може використовуватися коефіцієнт кореляції Пірсона як інструмент параметричного кореляційного аналізу. Оскільки обчислення здійснюються для випадкових величин, лише значення коефіцієнта кореляції є недостатнім для формування обґрунтованого висновку. У зв'язку з цим виникає необхідність оцінювання його статистичної значущості, тобто перевірки суттєвості відмінності отриманого значення від нуля. Для цього застосовується критерій Стюдента.

Водночас перед використанням кореляційного аналізу необхідно перевірити відповідність вибірки нормальному закону розподілу. Зазначена перевірка здійснюється шляхом обчислення показників асиметрії та ексцесу. Отримані результати дозволяють обґрунтувати правомірність застосування коефіцієнта кореляції для аналізу результатів випробувань, оскільки нормальність розподілу даних є однією з ключових умов використання цього методу.

Таким чином, у роботі розглянуто один із підходів до оцінювання придатності методик випробування зразків озброєння. Запропонований метод характеризується універсальністю та простотою застосування щодо різних вхідних параметрів. Наукова новизна підходу полягає у можливості виявлення грубих викидів у масиві експериментальних результатів, оскільки застосований критерій є чутливим до аномальних значень. Додатковою перевагою є перспективність подальшого вдосконалення процедури аналізу на основі використання коефіцієнта кореляції.

І.М. Ринський, В.В. Скиданенко

Науковий центр Сухопутних військ Національної академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного

ІНТЕГРАЦІЯ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ СИСТЕМ ЧАСТИН І ПІДРОЗДІЛІВ СИЛ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ОБОРОНИ У ЄДИНИЙ ЦИФРОВИЙ КОНТУР УПРАВЛІННЯ ПОВІТРЯНИМ ПРОСТОРОМ

Сучасний етап розвитку збройної боротьби характеризується стрімким зростанням ролі безпілотних авіаційних систем (БпАС) у виконанні завдань розвідки, коригування вогню, ураження цілей, моніторингу обстановки та інформаційного забезпечення військ.

Особливо інтенсивного розвитку застосування БпАС набуло у підрозділах Сил територіальної оборони Збройних Сил України. Саме у підрозділах ТрО у стислі терміни було забезпечено масштабування використання FPV-платформ, інтеграцію доступних цивільних цифрових технологій, а також широке впровадження децентралізованих моделей управління екіпажами безпілотних систем.

Значного поширення набули імпровізовані цифрові рішення у сфері зв'язку, передачі даних, навігації та відеомоніторингу.

Накопичений практичний досвід свідчить, що масове застосування БпАС у підрозділах ТрО вже є не окремим епізодом бойового досвіду, а самостійним феноменом сучасної війни, який потребує наукового осмислення та систематизації.

Водночас активне поширення безпілотних систем породжує низку організаційно-технічних проблем, які суттєво впливають на ефективність їх застосування. До основних із них належать:

відсутність єдиних підходів до стандартизації цифрових систем управління;

різномірність каналів зв'язку та передачі даних;

перевантаження цифрового та радіоелектронного середовища;

складність ідентифікації малих БпАС у спільному повітряному просторі;

конфлікти частот та зростання впливу засобів радіоелектронної боротьби;

нестійкість навігації в умовах активної протидії;

проблеми взаємодії безпілотних та пілотованих повітряних засобів;

складність координації децентралізовано розгорнутих екіпажів БпАС.

За таких умов особливої актуальності набуває питання інтеграції безпілотних авіаційних систем підрозділів ТрО у єдиний цифровий контур управління повітряним простором.

Вбачається що такий симбіоз дозволить забезпечити підвищення ситуаційної обізнаності, узгодження польотної діяльності, стійкість управління та безпечне функціонування безпілотних і пілотованих компонентів у єдиному операційному середовищі.

Досвід бойового застосування БпАС у підрозділах Сил територіальної оборони засвідчив, що ефективність використання безпілотних систем визначається не лише тактико-технічними характеристиками окремих платформ, але насамперед рівнем їх інтеграції у систему управління військами та інформаційного забезпечення.

У результаті виникає низка критичних проблем:
відсутність єдиного інформаційного середовища управління польотами;
дублювання маршрутів та зон роботи екіпажів;
ускладнення координації між підрозділами;
перевантаження каналів зв'язку;
взаємний вплив засобів радіоелектронної боротьби;
зростання ризику втрати управління БпАС;
складність оперативного обміну розвідувальною інформацією.

Окремою проблемою залишається відсутність ефективних механізмів цифрової ідентифікації малих БпАС у спільному повітряному просторі. Масове одночасне застосування безпілотних систем різними підрозділами створює ризики порушення координації, взаємних перешкод та помилкової ідентифікації.

Одним із перспективних напрямів підвищення ефективності застосування БпАС у підрозділах ТрО є формування єдиного цифрового контуру управління повітряним простором, який забезпечуватиме інтеграцію безпілотних систем, пунктів управління, засобів розвідки, радіоелектронної боротьби та протиповітряної оборони.

Основними функціями такого контуру мають стати:
формування єдиної цифрової картини повітряної обстановки;
координація маршрутів польотів;
автоматизований розподіл зон відповідальності;
оперативний обмін розвідувальними даними;
цифрове погодження застосування БпАС;
попередження конфліктів у повітряному просторі;
забезпечення сумісності різнорідних платформ.

Практична реалізація інтегрованого цифрового середовища застосування БпАС потребує комплексного поєднання технічних, організаційних та кадрових рішень.

До основних напрямів розвитку доцільно віднести:
створення єдиних цифрових платформ ситуаційної обізнаності;
впровадження систем автоматизованого планування польотів;
стандартизацію цифрового обміну між підрозділами;
інтеграцію БпАС із системами розвідки та вогневого ураження;
створення захищених резервних каналів передачі даних;
удосконалення систем навігації в умовах протидії РЕБ;
розвиток засобів цифрової ідентифікації безпілотних платформ.

Розділ VII

ОБГОВОРЕННЯ ПРОБЛЕМНИХ ПИТАНЬ ЩО ВИНИКАЮТЬ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ БЕЗПЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ СИСТЕМ СИЛАМИ ОБОРОНИ УКРАЇНИ

Є.В. Бернада

військова частина А5039

АНАЛІЗ ПРОБЛЕМНИХ ПИТАНЬ, ЩО ВИНИКАЮТЬ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ СИСТЕМ СИЛАМИ ОБОРОНИ УКРАЇНИ, ТА ВИЗНАЧАННЯ ШЛЯХІВ ЇХ ВИРІШЕННЯ

Сучасний досвід бойового застосування безпілотних авіаційних систем (БпАС) вказує на наявність критичних технічних та тактичних вразливостей, що суттєво знижують ефективність їх використання. Основна проблема полягає в нездатності більшості штатних комплексів комерційного та державного постачання виконувати завдання безпосередньо “з коробки” в умовах інтенсивного радіоелектронного придушення (РЕБ). Неузгодженість базових апаратних модулів зв’язку з динамічними змінами радіоелектронної обстановки та відсутність можливості оперативної адаптації апаратів призводять до втрат літальних апаратів. Метою дослідження є аналіз технічних обмежень наявних БпАС та визначення комплексних інженерних шляхів їх подолання через модернізацію систем навігації, оптимізацію польотних режимів та розбудову ешелонованої інфраструктури технічного забезпечення.

Дослідження впливу ворожих засобів РЕБ, зокрема інтенсивного спуфінгу сигналів глобальних навігаційних супутникових систем (GPS/GNSS) та купольних комплексів рідоперешкод, засвідчило критичні збої в роботі польотних контролерів безпілотних літальних апаратів (БпЛА). Для вирішення цієї проблеми обґрунтовано необхідність переходу на автономні системи візуальної одометрії (Visual Odometry, Optical Flow). Іншим перспективним шляхом є інтеграція програмного забезпечення типу StabX на базі мікрокомп’ютерів Raspberry Pi (Zero/5). Пасивне відстеження рельєфу нижньою камерою дозволяє утримувати позицію без сигналів від супутникових навігаційних систем, реалізувати алгоритми автономного повернення (SmartRTL) та термінальне донаведення. Для БпЛА літакового типу та БпЛА типу VTOL ефективним є використання кастомних прошивок (зокрема ArduPlane), які забезпечують ініціалізацію систем EKF3 без даних GPS та дозволяють конфігурацію джерел азимуту. Водночас для протидії ворожим зенітним FPV-перехоплювачам доцільним є виконання польотів на БпЛА літакового типу у повністю мануальному режимі (ACRO), що дозволяє оператору здійснювати різкі просторові маневри ухилення.

Другим аспектом дослідження були шляхи усунення інфраструктурного та логістичного розриву, що уповільнює модернізацію засобів. Відсутність уніфікованої бази обслуговування перешкоджає швидкій адаптації БпАС до змін частотних діапазонів ворожого РЕБ. Вирішення цієї проблеми автором вбачається у впровадженні дворівневої моделі інженерного забезпечення. Перший рівень передбачає створення базових стаціонарних хабів, де об’єднується потенціал дослідницьких (R&D) команд із виробничими

лініями. На цьому рівні здійснюється 3D-друк, розробка та збірка електронних блоків управління, кастомізація елементів живлення (зокрема створення акумуляторних батарей підвищеної ємності) та створення систем живлення для устаткування зв'язку із захистом від перепадів напруги польових генераторів. Другий рівень забезпечується розгортанням передових мобільних комплексів типу “Небокрай” для оперативного ремонту, покращення, кастомізації та зміни робочих частот безпосередньо в зоні виконання завдань. Ефективність такої моделі посилюється за рахунок залучення висококваліфікованих цивільних технічних фахівців із відповідним бронюванням та повної цифровізації логістичного обліку через систему “Дельта”.

У результаті проведеного дослідження встановлено, що системна синергія технологій оптичної навігації, пілотування в мануальному режимі та розгортання ешелонованої інженерної мережі може бути ефективним інструментом досягнення інженерної автономії підрозділів. Практична реалізація запропонованих шляхів дозволить нівелювати конструктивну неготовність базових БпАС, забезпечить їх безперебійну адаптацію до умов інтенсивної радіоелектронної протидії та забезпечуватиме збереження матеріально-технічних ресурсів та життів особового складу.

О.Ф. Вишневський, В.В. Комар, С.О. Скрипка

Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки

ОСНОВНІ ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ПРОТИДІЇ БПЛА ПРОТИВНИКА ТА МОЖЛИВІ ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ

Безпілотні літальні апарати (далі - БпЛА) стали одним із ключових елементів сучасних бойових дій та засобів ураження критичної й енергетичної інфраструктури України. Масоване застосування ударних БпЛА типу Shahed, розвідувальних та баражуючих боєприпасів підтвердило, що безпілотні системи перетворилися на один із основних інструментів виснаження систем протиповітряної оборони, порушення функціонування енергетичної інфраструктури та психологічного впливу на населення. Аналіз їх бойового застосування свідчить про наявність низки проблемних питань у сфері виявлення, супроводження та знищення таких цілей, а саме:

постійна зміна тактики застосування БпЛА противником, зокрема варіювання висот і швидкостей польоту, використання складних маршрутів підльоту з обходом зон ураження ППО, комбінування масованих, хвильових і

змішаних атак із одночасним застосуванням крилатих ракет та дронів-камікадзе;

зниження ефективності традиційних засобів радіоелектронної боротьби внаслідок використання противником MESH-мереж, багатоканальних антен супутникової навігації, адаптивних систем обміну даними, інерціальних навігаційних модулів, елементів штучного інтелекту та конструкцій із радіопрозорих композитних матеріалів;

застосування хибних цілей для перевантаження систем ППО та ускладнення класифікації повітряних об'єктів у реальному масштабі часу;

модернізація ударних платформ шляхом оснащення різними типами бойових частин (60 кг, 90 кг, касетними та суббоекприпасами), встановлення камер заднього огляду, захищених каналів передачі даних та елементів озброєння класу "повітря-повітря", що підвищує їхню живучість і ускладнює перехоплення мобільними вогневими групами та гелікоптерами;

недостатня ефективність радіолокаційного виявлення малорозмірних низьковисотних цілей через малу ефективну площу розсіювання, складний рельєф місцевості, міську забудову та наявність природних і штучних перешкод;

обмежені можливості традиційних зенітних ракетних комплексів щодо економічно доцільного знищення дешевих ударних дронів, оскільки вартість ракети-перехоплювача часто суттєво перевищує вартість самої повітряної цілі;

недостатня інтеграція між засобами радіотехнічної розвідки, РЕБ, ППО та мобільними вогневими групами, що призводить до затримок у передачі координат цілей та зниження оперативності реагування;

висока залежність ефективності боротьби з БпЛА від погодних умов, часу доби та рівня електромагнітної обстановки, що особливо впливає на роботу оптико-електронних систем спостереження та тепловізійних засобів;

зростання автономності сучасних БпЛА, здатних діяти за попередньо закладеними маршрутами навіть в умовах втрати супутникової навігації або пригнічення каналів зв'язку, що знижує ефективність класичних методів радіоелектронного подавлення.

Окремою проблемою є перевантаження систем протиповітряної оборони під час масованих атак. Одночасне застосування великої кількості БпЛА, крилатих ракет та імітаційних цілей створює значне навантаження на канали супроводження та ураження, що може призводити до прориву окремих повітряних цілей до об'єктів критичної інфраструктури. У таких умовах особливого значення набуває автоматизація процесів розподілу цілей, пріоритетизації загроз та управління вогневими засобами.

За результатами проведення аналізу інформації з відкритих джерел, проведення експертних оцінювань по даному напрямку, виконання оперативних завдань, можна визначити напрямки щодо вирішення вищезазначених проблемних питань, а саме:

1. Постійне тренування особового складу мобільних вогневих груп (далі - МВГ) на сучасних VR-симуляторах та тренажерах (щодо виникнення різних ситуацій повітряних атак та їх відбиття).

2. Створення на ймовірних маршрутах польоту БпЛА противника суцільного радіолокаційного поля щодо раннього виявлення засобів повітряного нападу та застосування необхідної кількості засобів РЕБ для радіоподавлення супутникових навігаційних систем з багатоканальними антенами.

3. Проведення постійної радіоелектронної та акустичної розвідки та організувати роботу постів спостереження на загрозованих напрямках можливого нападу БпЛА противника на об'єкти критичної інфраструктури.

4. Удосконалення якості взаємодії та інтеграції систем радіолокаційного та акустичного виявлення на всіх рівнях органів військового управління, засобів космічної та радіоелектронної розвідки, засобів РЕБ та вогневого ураження в єдину систему протидії БпЛА.

5. Постійне проведення заходів щодо маскуванню, прихованого переміщення особового складу та техніки.

С.М.Кудимов, О.М.Мельничук, І.Г.Пономарьов

Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного

ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ТА СУПРОВОДЖЕННЯ ВІЙСЬК БЕЗПІЛОТНИМИ АВІАЦІЙНИМИ СИСТЕМАМИ (БпС): ТАКТИЧНИЙ ВИМІР, КООРДИНАЦІЯ ПРОСТОРУ ТА ІНОЗЕМНИЙ ДОСВІД

Сучасна російсько-українська війна докорінно змінила архітектуру бойових дій. Безпілотні авіаційні системи пройшли шлях від допоміжних засобів розвідки до базового інструменту вогневого ураження та супроводження наземних сил.

За офіційними даними Міністерства оборони України, у поточних оборонних та наступальних операціях до 66% ворожої техніки та живої сили виводиться з ладу саме ударними БпС.

Угруповання Сил безпілотних систем (СБС) сьогодні забезпечує приблизно кожне третє вогневе ураження на лінії зіткнення. Проте, стрімке масштабування та впровадження нових доктрин, таких як проєкт “Лінія дронів” СБС, оголили низку серйозних тактичних, технічних та організаційних проблем.

Головне протиріччя сьогодення полягає в тому, що темпи технологічного розвитку безпілотників та засобів РЕБ суттєво випереджають оновлення офіційних бойових статутів.

Перша і найбільш критична група проблем - тактичні виклики безпосереднього супроводження штурмових груп та логістичних колон.

По-перше, це когнітивне перевантаження командира тактичної ланки. Під час динамічного бою командир роти чи взводу змушений одночасно керувати вогнем, підтримувати зв'язок і аналізувати масив відеоданих із систем ситуаційної обізнаності (таких як DELTA або стріми в Discord).

По-друге, проблема технічного лагу, тобто затримки трансляції. Фізичний час передачі відеопотоку від безпілотника через супутникові термінали або мобільні мережі до командного пункту і назад користувачам на передовій становить від 3 до 10 секунд. В умовах штурму замкнених просторів (за концепцією CQB - Close Quarters Battle) або швидкого маневру бронетехніки, затримка навіть у 5 секунд є критичною. Вона призводить до того, що артилерія чи ударні дрони б'ють по точках, які ворог уже залишив.

По-третє, ідентифікація "Свій-Чужий" (IFF). З висоти понад 100 метрів у тепловізійному чи оптичному спектрі піхота обох сторін виглядає майже однаково. Брак масового оснащення нашого особового складу пасивними ультракороткохвильовими маяками, інфрачервоними маркерами чи стробоскопами на формі критично ускладнює верифікацію підрозділів. Це суттєво підвищує ризики "дружнього вогню" (Fratricide) під час динамічних зіткнень.

По-четверте, спектральний конфлікт або "дружній РЕБ". Сьогодні кожна штурмова група чи бойова машина обладнується локальними купольними системами РЕБ ("окопним РЕБ") для захисту від ворожих FPV. Проте через відсутність гнучкого автоматизованого розподілу частот у реальному часі, цей РЕБ часто повністю "випалює" канали телеметрії та керування власних БПЛА, які здійснюють супровід цієї ж колони.

Наступна масштабна проблема лежить у площині координації повітряного простору на наднижьких висотах (до 150 метрів). Сьогодні над однією ділянкою фронту одночасно можуть працювати десятки розвідувальних коптерів, FPV-камікадзе, крил-розвідників та важких нічних бомбардувальників різних відомств: ЗСУ, НГУ, ГУР, СБУ. Через відсутність тактичної системи UTM (Unmanned Traffic Management) - тобто автоматизованого цифрового диспетчера низьких висот - фіксуються постійні фізичні зіткнення наших БПЛА у повітрі, а також випадки взаємного радіоперехоплення та глушіння між суміжними підрозділами. Національна система ситуаційної обізнаності DELTA наразі об'єднує понад 200 тисяч користувачів, інтегрує інструменти штучного інтелекту та здатна координувати понад 100 безпілотних платформ одночасно.

Провідні армії Заходу уважно аналізують ці помилки та виклики українського фронту, здійснюючи радикальну перебудову власних доктрин.

Досвід Нідерландів (Глибока децентралізація): Збройні сили Нідерландів першими в НАТО ліквідували практику концентрації БПЛА виключно у спеціалізованих розвідротях. Вони почали масово впроваджувати секції БПЛА та засобів протидії їм (C-UAS) безпосередньо у штати всіх лінійних бойових формувань, залучивши для цього понад 1200 профільних фахівців. Дрон став таким же штатним майном піхотинця, як автомат чи рація. Досвід США (Тактична автономія роти): Армія США активно впроваджує концепцію створення постійних штатних секцій безпілотників безпосередньо в механізованих ротах. Ці секції будуються за функціональним зразком мінометних взводів. Це дозволяє командирі роти миттєво застосовувати дрони для вогневої підтримки, оминаючи довгий та бюрократизований вертикальний ланцюжок погоджень із вищими штабами бригади чи дивізії.

Аналіз навчань Альянсу: масштабні маневри за участю українських операторів довели, що регулярні підрозділи НАТО, діючи за своїми класичними застарілими статутами маскування та пересування, повністю виявляються з повітря і умовно знищуються тактичними БПЛА протягом першої доби операції. Це змусило терміново переорієнтувати виробників на створення дронів, повністю незалежних від GPS-навігації — із орієнтацією за оптичним потоком (картами рельєфу), магнітометрією та автоматизованим ройовим управлінням.

А.Ю. Поляков, А.О. Мавренкова

Державний науково-дослідний інститут авіації

ПРОБЛЕМИ ВПРОВАДЖЕННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ПОТРЕБ СИЛ ОБОРОНИ УКРАЇНИ

Розвиток безпілотних авіаційних систем (далі – БпАС) Сил оборони України (далі – СОУ) характеризується переходом до систем, що використовують технології штучного інтелекту (далі – ШІ). Ключовими напрямками застосування ШІ є автоматизоване дешифрування результатів аеророзвідки, розпізнавання об'єктів за фото- і відеоданими, геолокація виявлених цілей та автономна навігація безпілотних літальних апаратів (далі – БПЛА) в умовах РЕБ. Базовою умовою впровадження таких рішень є керований життєвий цикл бойових даних: накопичення – збереження – опис – класифікація – формування датасетів – навчання моделей – інтеграція в кінцеві системи.

Критичним і незамінним ресурсом цього циклу є первинні дані бойового застосування – відео-, фотоматеріали оптико-електронних систем БПЛА, телеметрія, результати радіоелектронної розвідки. Лише вони відображають

оперативну обстановку, у якій діятимуть кінцеві моделі; синтетичні чи зовнішні комерційні датасети їх не замінюють. Водночас цілісної нормативно-організаційної та технічної системи управління життєвим циклом бойових даних у СОУ не сформовано, що є основним обмеженням розвитку оборонних ШІ-систем як у науково-дослідних установах МОУ і ЗСУ, так і у залучених українських виробників.

У правовому вимірі позиція МОУ щодо власності держави на дані військовослужбовців і реєстрації прав інтелектуальної власності на датасети (наказ від 29.05.2025 № 343) не повною мірою узгоджується з нормами загального законодавства: фотографії, отримані автоматичними засобами БПЛА, як такі, що не мають ознак оригінальності, не є фотографічними творами і не охороняються авторським правом (пункт 8 частини першої статті 8 Закону № 2811-IX); sui generis право на бази даних належить особі, що здійснила суттєві інвестиції у збір і структурування даних (стаття 21 того ж Закону); Закон № 4585-IX від 12.12.2025 не має зворотної дії і не перерозподіляє автоматично прав на раніше створені об'єкти. Процедури передачі прав, реєстр датасетів і типові форми договорів практичної реалізації не отримали.

У вимірі класифікації не сформовано уніфікованих правил співвідношення з рівнями обмеження доступу не лише самих фото- і відеоматеріалів, а й пов'язаних метаданих: часу, географічних координат, району виконання завдання, підрозділу, способу застосування.

В організаційному вимірі не визначено типові зони відповідальності посадових осіб за накопичення, опис, анотацію, збереження, резервування та передачу даних; відсутні чіткі інструкції, які регулювали б цю діяльність підрозділів, а також політики безпеки, опис ризиків та загроз щодо первинних даних і датасетів. Як практичну основу доцільно адаптувати наявні політики безпеки і матриці ризиків технологічних в/ч МОУ і ГШ ЗСУ (ЦІРОТ, ЦМТР).

В інфраструктурному вимірі відсутні централізовані сховища (озера даних) рівня МОУ. За оцінками робочої групи з технологій машинного навчання МОУ (липень 2025), обсяг первинних відеоданих лише засобів оптичного спостереження ("Вежа") становить близько 800 Тб на місяць; аерознімків – від 25 до 62 Тб на місяць; навантаження на інформаційно-комунікаційні системи оброблення великих даних та обробки матеріалів радіоперехоплення – від 1,5 до 2 Тб на місяць кожна. За таких обсягів збереження бойових даних не може вирішуватися на рівні зовнішніх дисків, локальних серверів або неформальних хмарних сховищ. Компоненти ІКС "Дельта" та кластер Avengers – основа для масштабування, але не повноцінна система управління життєвим циклом даних.

Результатом є безповоротна втрата значної частини потенційно цінного матеріалу та відсутність юридично оформлюваного оборонного ресурсу попри унікальний обсяг бойового досвіду.

Натомість провідні держави та противник формують централізовані оборонні платформи даних і навчання моделей: США (Chief Digital and AI Office з Advana та Maven Smart System, контракт з Palantir близько 1,3 млрд дол.); КНР (15-й п'ятирічний план 2026–2030, перехід до “інтелектуалізованої війни” через військово-цивільну інтеграцію); російська федерація (Державна бібліотека даних з центром колективного користування).

Авторами пропонується невідкладне застосування поетапного підходу для вирішення зазначеної проблематики:

1) встановлення обов'язкової вимоги збереження первинних даних бойового застосування з визначенням посадових осіб, інструкцій і політик безпеки на основі адаптації наявних механізмів в/ч МОУ і ГШ ЗСУ, – з метою припинення безповоротної втрати матеріалу;

2) операціоналізація правової рамки, в т. ч. шляхом запровадження типових форм договорів з зовнішніми розробниками, реєстру (каталогу) первинних даних, датасетів і моделей, єдиного пріоритетного переліку задач машинного навчання та уніфікованих правил класифікації даних і метаданих;

3) побудова як централізованих (рівня Міноборони), так і децентралізованих озер даних за єдиними технічними і безпековими стандартами; авторизовані хмарні середовища допускаються для підрозділів за відсутності можливості розгорнути власну інфраструктуру або використати центри обробки даних (ЦОДи) Міноборони.

Таким чином, наявні проблеми впровадження оборонного ШІ становлять загрозу технологічного відставання для СОУ. Збереження поточного стану призведе до стратегічного відставання України у гонці технологій ШІ. Здійснення зазначених кроків перетворить бойові дані, в т. ч. отримані від БпАС, на основу побудови оборонних ШІ-систем, здатних забезпечити Україні стратегічну глобальну оборонну перевагу.

П.А.Глущенко, О.О.Челобітченко, В.І.Полуянов

Державний науково-дослідний інститут авіації

ПІДХОДИ ДО ЗАСТОСУВАННЯ ЛЕГКОМОТОРНИХ ЛІТАКІВ ДЛЯ БОРОТЬБИ З БЕЗПЛОТНИМИ ЛІТАЛЬНИМИ АПАРАТАМИ

Масоване та систематичне застосування у бойових діях безпілотних засобів для розвідки, корегування вогню, нанесення ударів по військових і критичних об'єктах зумовило необхідність пошуку ефективних, економічно доцільних і гнучких засобів протидії, одними з яких розглядаються легкомоторні літаки (ЛМЛ).

У більшості держав інтерес до легкомоторних літаків виник як відповідь на вплив наступних факторів:

- масовість і дешевизна безпілотних літальних апаратів (БпЛА), що робить застосування зенітно-ракетних комплексів (ЗРК) або винищувачів економічно не вигідним;

- наяву повільних, малопомітних, низько літаючих повітряних цілей, які складно ефективно уражати класичними засобами протиповітряної оборони (ППО);

- перевантаження систем ППО в умовах тривалих або комбінованих повітряних атак.

У результаті ЛМЛ почали розглядатися як потрібний та системно важливий елемент багаторівневої протиповітряної оборони.

Основними передумовами застосування ЛМЛ стали наступні:

1. Перехоплення з мінімальними витратами.

У країнах НАТО та країнах-партнерах сформувався підхід за яким:

- ЛМЛ використовується для перехоплення повільних і середньошвидкісних БпЛА;

- забезпечується низька вартість експлуатації та години польоту, простота обслуговування;

- застосовуються дешеві засоби ураження (авіаційні кулемети, некеровані та керовані ракети малого калібру).

Ключовий критерій – вартість знищення цілі, а не максимальна тактико-технічна досконалість.

2. ЛМЛ у якості платформи для радіоелектронної боротьби (РЕБ), можуть виступати носіями:

- систем радіоподавлення каналів управління БпЛА;

- засобів глушіння GPS / ГЛОНАСС;

- апаратури радіотехнічної розвідки.

3. ЛМЛ як командно-розвідувальна платформа, для виконання наступних завдань:

- координація дій ППО;

- здійснення візуального та тепловізійного спостереження;

- передача даних наземним засобам ураження.

4. ЛМЛ для повітряного патрулювання.

Ключова перевага – велика тривалість польоту і можливість працювати на малих та середніх висотах.

5. Інтеграція ЛМЛ в мережоцентричну систему ППО.

У сучасній світовій практиці ЛМЛ майже ніколи не розглядаються як автономний засіб. Вони:

- отримують цілевказання від наземних РЛС, або інших платформ;
- працюють у єдиному інформаційному полі;
- компенсують обмежені власні сенсори за рахунок зовнішніх джерел даних;
- інтегруються з засобами ураження (ЗРК, винищувачі, мобільні групи);
- можуть виконувати роль ретранслятора, сенсора, “мисливця” за БпЛА в мертвих зонах радарів.

Український досвід демонструє перспективність комбінованого підходу, у якому ЛМЛ виступають складовою багаторівневої системи ППО.

Алфавітний покажчик авторів

Прізвище та ім'я автора тез, науковий ступінь та вчене звання	Стор.	Прізвище та ім'я автора тез, науковий ступінь та вчене звання	Стор.
Chornogor N.O. к.пед.н., доц.	120	Глушенко П.А. д.філ.	59, 149
Onyshchenko M.V.	66	Голубовська О.М.	23
Onyshchenko V.A. PhD	66	Гончаренко Є.В. д.філ.	125
Андрєєва Л.М.	79	Гончаров В.В.	57
Артюшин Л.М. д.т.н., проф.	122	Горбач М.П.	13, 124
Атамась Р.О.	15, 98	Гордієнко Ю.О. к.т.н.	117
Байцурак С.І.	70	Горняков І.Д.	68
Баландін М.В. д.філ.	13, 124	Горобець В.В.	57
Бачурін С.М.	21, 30	Гречаний М.П.	18
Береза П.Р.	15	Гурін А.П. д.філ.	20
Бернада Є.В.	141	Гурін О.О. к.т.н.	20
Бершадська Т.В.	81	Д'яков О.Г.	81
Білокопитов Б.В.	13, 124	Давіденко С.В. к.т.н., доц.	103
Блискун О.Є. д.філ.	39	Дерев'янку О.О.	108
Богославець С.О. к.т.н., с.н.с.	11, 74	Делов О.В.	61
Бондаренко Ю.Л. к.т.н.	67	Єрилкін А.Г. к.військ.н., доц.	54
Бородавка В.А. к.т.н., доц.	32	Жевтюк О.А. к.т.н., с.н.с.	65
Будзінська О.О.	92	Жежерун Ю. В. к.екон.н., доц.	55
Веремейчук В.І.	30	Жирна О.В.	18
Вишневський О.Ф.	142	Жуйков В.В.	20
Вовчанівська Н.М.	21	Жук О.В.	86
Вознюк В.В.	108	Задорожний І.С. д.т.н., проф.	70
Волков В.П.	30	Заєць Я.Г. к.т.н., ст.дослід.	103
Волотівський П.Б. к.військ.н., с.н.с.	16, 51	Запорожець С.В. к.екон.н., доц.	82
Вотяков О.О.	53	Зверєв О.О. к.військ.н., доц.	84
Гайдамашко Г.В.	59	Іванишин М.І.	86
Герашенко М.М.	101, 102	Івахів О.С. к.пол.н.	28

Ісакжанов Р.А.	106	Мавренкова А.О.	16, 91, 146
Іщенко І.А.	67	Майданюк В.А. д.ф.	57, 108
Іщук С.В.	46	Малюга В.Г. д.військ.н., с.н.с.	30
Канівець В.І.	61	Мамайсур Р.М.	53
Касянчик О.В.	127	Матала І.В.	27
Качуровський Г.М.	129	Матвійчук С.В. д.філ.	91
Кібіткіна Н.С.	51, 74	Мельничук О.М.	144
Колесник В.О.	81, 82	Микитин В.Ф.	131
Колпаков Д.Г.	53	Мірзоєв В.С.	30
Кольченко В.В.	21	Місценко Р.В.	55, 81
Комар В.В.	142	Міхін А.Ю.	28
Корнійчук С.В.	131	Міщенко М.О.	109
Кравець О.А.	46	Музичак А.З. к.т.н., доц.	32
Кривизюк Л.П.	68	Мячиков В.С.	98
Кручковський О.Л.	53	Наусенко Б.Ю. д.філ.	135
Кубарь С.В. к.т.н., с.н.с.	65	Невзгляденко Ю.О.	96
Кудимов С.М.	144	Нікіфоров Г.С.	61
Кузьменко Р.В. к.т.н., доц.	23	Новак В.І.	21
Купрій В.М. к.т.н., доц.	125	Олійник С.Д.	111
Куровська Т.Ю.	84	Омельчук І.А.	113, 136
Лазаренко Ю.О.	18	Пантелєєва Н.М. д.екон.н., к.т.н., проф.	25, 34
Лайське Є.В. к.т.н.	25, 34	Паращенко Т.В.	81
Ленівий О.Ю.	27	Пасічник В.М. к.військ.н.	36
Лібрук-Ліпкевич С.Я.	28	Перемибіда Д.О.	58
Літневський Ю.С.	87, 89, 94	Перемибіда І.В.	58
Лобода Р. І.	40, 133	Перескоков В.О.	96
Лунькова Г.В. к.т.н., доц.	87, 89, 94	Перій П.С.	109
Луцевят О.І.	36	Печененко О.М.	39
М'ячиков В.С.	15	Пількевич І.А. д.т.н., проф.	113, 133, 136
		Піонтківський П. М. к.т.н., с.н.с.	40

Пісклов Є.В.	25	Степанов Г.С. к.військ.н., доц.	125
Полуянов В.І.	149	Стешенко П.М. к.т.н., ст.досл.	11, 74
Поляков А.Ю.	146	Столярчук Ю.В. к.т.н.	32
Пономарьов І.Г.	144	Сторожук С.М.	115
Попков С.Б.	43	Ступка Б.А. д.філ.	82
Походенко О. М.	55	Товстохатько Ю.М.	46
Почапінський Д.Г.	46	Філімонов С.М.	87, 89, 94
Радько О.В. к.т.н., доц.	125	Фриз С.П. д.т.н., проф.	117
Рибачок Д.В.	70	Халан О.В.	42, 48
Ринський І.М.	138	Хвостіченко В.М.	51
Рошко Є.М.	23	Хрулев О.Е. д.т.н., с.н.с.	75
Ряполов І.Є.	129	Хуторна М.Е. д.екон.н., проф.	34
Самойленко О.В.	96	Челобітченко О.О. к.т.н., с.н.с.	149
Седляр А.А. к.військ.н., с.н.с.	45	Чечет О.С.	127
Сироїжка І.О.	72	Чорняк І.І.	103
Сікірда Ю.В. к.т.н., проф.	72	Чуловський Є.В.	115
Скиданенко В.В.	138	Чумаченко С.М. д.т.н., проф.	96
Склярів О.Г. к.т.н., с.н.с.	59	Шабанов П.П.	122
Скоробогатов М.С.	42, 48	Швиденко А.В. к.т.н., доц.	61
Скрипка С.О.	142	Шинкаренко О.М. к.екон.н., доц.	70
Слюсаренко М.О. к.т.н., ст.досл.	43	Шостак В.Г. к.т.н.	11
Смик С.І. к.т.н.	54	Щерба А.А. к.т.н., доц.	98, 111
Соловей В.А.	92	Щербак І.В.	16
Соломатін Д.О. к.військ.н., с.н.с.	45	Ядченко Д.М.	96
Солопій І.А.	117	Ярошенко А.С. д.філ.	39
Соннік О.Є.	18	Ярошенко Я.В.	39

Офіційний сайт ДНДІА



Веб-сторінка тез доповідей та виступів

