

МІНІСТЕРСТВО ОБОРОНИ УКРАЇНИ
ЗБРОЙНІ СИЛИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПОВІТРЯНИХ СИЛ імені ІВАНА КОЖЕДУБА
ІНЖЕНЕРНО-АВІАЦІЙНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

**БЕЗПЛОТНА АВІАЦІЯ У СУЧАСНІЙ
ЗБРОЙНІЙ БОРОТЬБІ**

**ТРЕТЯ НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ
інженерно-авіаційного факультету
Харківського національного університету Повітряних Сил
імені Івана Кожедуба**

Тези доповідей

4 грудня 2025 року

Харків
2025

Третя науково-практична конференція інженерно-авіаційного факультету Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба “Безпілотна авіація у сучасній збройній боротьбі”: тези доповідей, 4 грудня 2025 року. – Х.: ХНУПС ім. І. Кожедуба, 2025. - 232 с.

Наведені тези доповідей за теоретичними та практичними результатами наукових досліджень і розробок, виконаних науковими і науково-педагогічними працівниками, здобувачами вищої освіти, фахівцями органів військового управління, військових частин та установ сил безпеки і оборони, спеціалістами підприємств та організацій України.

Для наукових та науково-педагогічних працівників, докторантів, ад’юнктів, аспірантів, слухачів, курсантів, студентів, фахівців в галузі розвитку озброєння і військової техніки та безпілотних авіаційних систем.

За достовірність викладених фактів, цитат та інших відомостей відповідальність несуть автори.

Затверджено до друку вченою радою Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, протокол від 23 грудня 2025 року № 16.

© Харківський національний університет
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, 2025

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

Голова організаційного комітету:

полковник Богдан ІВАЩУК, начальник інженерно-авіаційного факультету Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба.

Заступник голови організаційного комітету:

полковник Володимир КРИВОНОС, начальник кафедри експлуатації та застосування безпілотних авіаційних систем та комплексів повітряної розвідки інженерно-авіаційного факультету Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба.

Члени організаційного комітету:

полковник Юрій ВОЛКОВ, заступник начальника інженерно-авіаційного факультету Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба з навчальної та наукової роботи – начальник навчальної частини;

полковник Олексій БАРАНІК, начальник кафедри комплексів авіаційного озброєння інженерно-авіаційного факультету Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;

полковник Олександр БАРСУКОВ, начальник кафедри радіоелектронного обладнання літальних апаратів інженерно-авіаційного факультету Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;

полковник Вадим КАВ'ЮК, начальник кафедри аеродромно-технічного забезпечення авіації інженерно-авіаційного факультету Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;

полковник Андрій КРАСНОРУЦЬКИЙ, начальник кафедри авіаційного обладнання літаків і вертольотів інженерно-авіаційного факультету Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;

полковник Володимир ЯЩЕНОК, начальник кафедри конструкції та міцності літальних апаратів та двигунів інженерно-авіаційного факультету Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;

підполковник Анатолій КОРНІСЕНКО, начальник науково-дослідної лабораторії інженерно-авіаційного факультету Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;

підполковник Олександр КРУЦЬ, доцент кафедри інженерно-авіаційного забезпечення інженерно-авіаційного факультету Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;

підполковник Юрій СКОРИЙ, провідний науковий співробітник науково-дослідної лабораторії інженерно-авіаційного факультету Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;

працівник Збройних Сил України Анатолій БАБИЧ, професор кафедри експлуатації та застосування безпілотних авіаційних систем та комплексів повітряної розвідки інженерно-авіаційного факультету Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;

працівник Збройних Сил України Євген УКРАЇНЕЦЬ, професор кафедри конструкції та міцності літальних апаратів та двигунів інженерно-авіаційного факультету Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба.

Відповідальний секретар організаційного комітету:

капітан Вячеслав ТКАЧОВ, начальник навчально-лабораторного комплексу кафедри експлуатації та застосування безпілотних авіаційних систем та комплексів повітряної розвідки інженерно-авіаційного факультету Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба.

З М І С Т

Організаційний комітет.....	3
Вступне слово начальника інженерно-авіаційного факультету Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба полковника Богдана ІВАЩУКА.....	19
НАПРЯМ №1 СПОСОБИ ТА ТАКТИЧНІ ПРИЙОМИ БОЙОВОГО ЗАСТОСУВАННЯ БпАК В УМОВАХ СУЧАСНОГО ЗБРОЙНОГО ПРОТИСТОЯННЯ.....	21
<i>Афанасьєв В.В., Пузсай-Череда С.К., Єрилкін А.Г.</i> Трансформація тактики застосування безпілотної авіації в концепції багатодомених операцій.....	21
<i>Малюга В.Г., Грідіна В.В., Бичков В.В.</i> Проблемні питання побудови перспективного винищувального безпілотного авіаційного комплексу з відкритою архітектурою тактичного рівня	22
<i>Карлов В.Д., Котилів О.О., Бєсова О.В.</i> Застосування радіокерованих та оптоволоконних дронів у російсько-українській війні.....	23
<i>Білаш О.В., Величко Л.Д.</i> Тактичні прийоми мінімізації втрат БпАК в умовах інтенсивного використання РЕБ противником	24
<i>Білаш О.В., Сокульська Н.Б., Ковальчук Р.А.</i> Використання тактичних БпАК для коригування вогню артилерії в умовах сучасного бою.....	25
<i>Іващук Б.М., Атласюк М.Я.</i> Розробка пропозицій щодо використання безпілотних літальних апаратів для ураження засобів протиповітряної оборони противника.....	26
<i>Білаш О.В., Сорокатиий М.І.</i> Тактичні підходи до використання БпАК у поєднанні з засобами РЕБ	27
<i>Боровий В.І., Ткалич А.В., Телюков Р.С.</i> Способи та тактичні прийоми бойового застосування БпАК в умовах сучасного збройного протистояння.....	28
<i>Гродзь Н.М.</i> Ефективність використання безпілотних літальних апаратів.....	29
<i>Сивораक्षा Д.В., Пантелєєва Н.М., Хуторна М.Е.</i> Розробка і випробування авіаційних турелей для боротьби з ворожими БпЛА	30
<i>Шмаков В.В., Оніпченко П.М., Колодяжний О.І.</i> Використання БпЛА під час виконання бойових завдань армійською авіацією сухопутних військ в сучасній збройній боротьбі.....	31
<i>Ковтунов А.Л., Дзеверін І.Г., Комбаров С.М.</i> Спеціалізоване програмне забезпечення оператора попереднього наведення	32

екіпажу безпілотного авіаційного комплексу винищувача (перехоплювача)	
<i>Грянко Д.С., Олійник І.М.</i> Підвищення ефективності застосування FPV-комплексів в умовах РЕБ	33
<i>Магу О.М., Даниленко О.В., Акімова О.В.</i> Використання безпілотних літальних апаратів для завдань протиповітряної оборони	34
<i>Кібіткін С.О.</i> Форми та способи застосування безпілотних авіаційних систем.....	35
<i>Кулик М.М., Вергасов А.О., Закладний В.О.</i> БПЛА другого класу як важливий інструмент сучасного поля бою.....	36
<i>Богославець С.О., Стешенко П.М.</i> Особливості розвитку безпілотних авіаційних систем “Deep Strike”.....	37
<i>Стешенко П.М., Богославець С.О.</i> Організаційні та технічні аспекти застосування безпілотних авіаційних систем	38
<i>Крицький Д.М., Овчинникова А.К.</i> Координація eVTOL-БПЛА в умовах сучасної збройної боротьби на основі гібридного алгоритму для забезпечення безпеки критичної інфраструктури	39
<i>Тулиця І.М., Губський Н.В., Вітрук М.І.</i> Аналіз проблемних аспектів застосування БПЛА-перехоплювачів в умовах активної протидії противника.....	40
<i>Пешков В.О., Тамбовцев А.П.</i> Інтеграція БПЛА у системи зв’язку та розвідки.....	41
<i>Юрковська О.Ю., Даценко А.В., Юрковський І.В.</i> Питання вдосконалення системи озброєння БПЛА типу UJ-22 Airborne	42
<i>Степаненко О.В.</i> Перспективні способи застосування БПЛА під час ведення бойових дій	43
<i>П’янтківський А.П.</i> Способи та тактичні прийоми використання БпАК артилерією в умовах сучасного збройного протистояння	44
<i>Гузик Н.М., Ліщинська Х.І., Сокульська Н.Б.</i> Основні напрямки боротьби з БПЛА за досвідом російсько-української війни	45
<i>Корнієнко А.П., Скорий Ю.В., Лященко Р.В.</i> Сумісне застосування угруповань ударних БПЛА та пілотованої авіації із використанням технологій штучного інтелекту.....	46
<i>Пасічник В.М., Слюсаренко М.О., Попков С.Б.</i> Світові тенденції розвитку безпілотних авіаційних комплексів зі складу розвідувально-ударних комплексів	47

<i>Соломатін Д.О., Седляр А.А., Луцевят О.І. Світові тенденції розроблення розвідувально-ударних комплексів оперативно-стратегічного рівня на основі безпілотних літальних апаратів.....</i>	<i>48</i>
<i>Бабич А.П., Лященко Р.В., Мусієнко Ю.О. Безпілотний літальний апарат як складова концепції вірного веденого для сумісного застосування безпілотної та пілотованої авіації</i>	<i>49</i>
<i>Бабич А.П., Байба А.Л., Вовк Р.В. Проблеми повітряної розвідки надводних об'єктів у відкритому морі.....</i>	<i>51</i>
<i>Бабич А.П., Богун Н.А. Методика оцінки ефективності і виконання спільних бойових завдань змішаними тактичними групами пілотованої та безпілотної авіації.....</i>	<i>52</i>
<i>Бабич А.П., Гнатенко О.А. Розробка тактичних прийомів дій екіпажів БпЛА-перехоплювачів при виконанні завдань з протидії БпЛА противника</i>	<i>53</i>
<i>Бабич А.П., Себо І.Д. Визначення і обґрунтування перспективних напрямків розвитку тактики застосування ударних БпЛА разового використання типу Ан-196 (Deep Strike) для знищення об'єктів противника на його території.....</i>	<i>54</i>
<i>Пшеничников Д.О., Педько А.В., Сушко А.Л. Роль БпЛА в мережеоцентричній війні.....</i>	<i>55</i>
<i>Петров В.М., Третяк В.Ф., Кудрявцев А.Ф., Марченко О.М. Погляди на засади тактики застосування безпілотних авіаційних систем Повітряних Сил Збройних Сил України</i>	<i>56</i>
<i>Потягач Т.Г., Одосій О.М., Коробецький О.В. Розвиток і застосування безпілотних літальних апаратів – імітаторів повітряних цілей</i>	<i>57</i>
<i>Олійник І.М., Ляшенко В.Ю. Багаторівнева система боротьби з безпілотними засобами противника.....</i>	<i>58</i>
<i>Дерев'яно А.О. Застосування оптоволоконних FPV-БпЛА у сучасних бойових діях та перспективні напрями розвитку технології</i>	<i>59</i>
<i>Баюн О.С. Уніфікація малорозмірних авіаційних боєприпасів для використання з БпЛА 1 класу</i>	<i>60</i>
<i>Кравченко І.В., Алтухов М.В. Тактичні схеми використання БпЛА для логістики та евакуації в умовах бойових дій.....</i>	<i>61</i>
<i>Бабич А.П., Єрмоєнко О.О., Ейдельштейн Г.Б. Способи бойових дій та тактичні прийоми застосування безпілотних літальних</i>	<i>62</i>

апаратів – перехоплювачів при ураженні дронів противника з оптоволоконною системою керування.....	
<i>Головко Б.Б., Кузнецов Є.О., Щукін Д.В., Бугаренко Є.О.</i>	
Обґрунтування режимів роботи системи керування авіаційною зброєю вертольотів Мі-24в, Мі-8мт при ураженні цілей типу “Герань-2”.....	66
<i>Іващук А.Б., Андросов А.О.</i> Застосування БпЛА у веденні руху опору.....	67
<i>Авілов А.І., Капашин М.С., Артюнов С.В.</i> Боротьба зі спуфінгом у роях БпЛА	68
<i>Артем'єв В.О., Льова О.І.</i> Впровадження технологій комп'ютерного зору для виявлення об'єктів повітряної розвідки з застосуванням графічних автоматизованих станцій.....	69
<i>Сніжко Д.В., Колокольцев Б.Р.</i> Дослідження ефективності системи доставки вантажу FPV-дрона для виведення з ладу ворожих безпілотних літальних апаратів.....	70
<i>Bilyk A., Boiko S.</i> Comprehensive risk analysis for unmanned aerial vehicles.....	71
<i>Королько С.В.</i> Зменшення теплової помітності об'єктів для захисту від дії FPV-дронів	72
<i>Красножон А.В., Ткачук К.А.</i> Використання БпАК з метою захисту позиції радіолокаційної станції від розвідувальних та ударних БпЛА противника	72
<i>Ляшенко В.Ю., Олійник І.М.</i> Особливості тактики застосування безпілотної авіації противника.....	73
<i>Матвієнко А.М., Матвієнко А.І.</i> Напрямки підвищення ефективності застосування FPV-дронів у сучасних бойових діях ...	74
<i>Підлетюк Р.І., Льова О.І.</i> Розробка пропозицій (рекомендацій) щодо дешифрування об'єктів, які виявляються БпАК з застосуванням радіолокаційних станцій з синтезованою апертурою	75
<i>Байрак Р.І., Галєпа О.Г.</i> Розробка моделі виявлення та класифікації надводних об'єктів з військово-морських сил противника з використанням технологій комп'ютерного зору	76
<i>Поручник А.В.</i> Взаємодія БпЛА з іншими силами в умовах російсько-української війни 2022-2025 рр.: командування, керування та координація.....	78
<i>Ревко Б.В.</i> Оглядовий аналіз особливостей застосування існуючих суббоеприпасів з БпЛА 1-го класу	79

<i>Булатов М.В.</i> БПАК у сучасному бою: принципи, методи та тактичні рішення.....	80
<i>Колотухін Д.О.</i> Дослідження ефективності системи перехоплення та нейтралізації ворожих БПЛА за допомогою FPV-дронів із спеціальними підривними модулями.....	81
<i>Головатий Ю.М., Білозьоров О.С.</i> Підвищення ефективності застосування осколкових боєприпасів калібру 1 кг з БПЛА першого класу в умовах протидії РЕБ	82
<i>Поліщук Д.М.</i> Аналіз бойових можливостей та шляхів протидії баражуючому боєприпасу “Ланцет”.....	83
<i>Явор І.С., Плешкунов С.А.</i> Протидія засобам РЕБ противника при застосуванні БПАК у сучасних бойових діях.....	84
<i>Сопівник І.В., Юрковський І.В.</i> Концепція повітряного мінування із застосуванням БПАК	84
<i>Барчук С.М., Кедровський Ю.О., Сітало І.Р., Забавчук А.О.</i> Вплив БПЛА на зміну тактики та стратегії ведення бойових дій.....	85
<i>Круць О.А., Буц В.О.</i> Використання FPV-перехоплювачів для протидії армійській авіації.....	86
<i>Рубльов В.І., Отрешко Н.М., Демченко Я.В.</i> Застосування безпілотних розвідувальних літальних апаратів стратегічного типу в сучасних конфліктах: технологічні виклики та правові аспекти...	87
<i>Савельєв Я.В., Йонка О.І., Гармаш С.О.</i> Роль безпілотної авіації у сучасній збройній боротьбі.....	88
<i>Георгієв Ю.В., Голишева Н.В., Голишев М.О.</i> Вдосконалення захисного освітлення для безпілотних літальних апаратів.....	89
<i>Маковецький В.В., Борець М.А.</i> Інноваційні підходи до підвищення живучості та ефективності безпілотних авіаційних комплексів у зоні активної протидії противника.....	90
<i>Момот М.М., Діденко І.В., Кіщенко Є.С.</i> Прикладна проблема забезпечення необхідного рівня боєздатності угруповань безпілотних авіаційних комплексів.....	91
<i>Попов В.О.</i> Моделювання застосування піротехнічного зворотного пострілу на БПЛА першого класу для протидії ворожим безпілотним літальним апаратам.....	92
<i>Сорочкіна О.О., Даценко А.В.</i> Проблеми виявлення БПЛА за допомогою головок самонаведення авіаційних керованих ракет класу “повітря-повітря”.....	93

<i>Безпалый В.А., Чаун Ю.М., Хоменко О.Д.</i> Порівняльний аналіз льотно-технічних характеристик ударних безпілотних літальних апаратів літакового типу, перспективи їх застосування в Збройних Силах України.....	94
<i>Берченко В.В., Кобцев О.С.</i> БПЛА “Молнія”: особливості застосування та протидії в умовах сучасної війни.....	95
<i>Гапонов О.В., Олійник О.М.</i> Безпілотна авіація у сучасній збройній боротьбі.....	96
<i>Джус Р.М., Резніков С.В., Мазунов М.Р.</i> Чинники ефективності спільного застосування пілотованої та безпілотної авіації.....	97
<i>Маховський А.О., Березицький Д.О., Хижняк А.С.</i> Аналіз можливостей АКР класу “повітря-повітря” щодо ураження зразків БпЛА типу “Shahed-136”.....	98
<i>Артьомов І.В.</i> Висотні стратосферні планери як платформи для багаторівневих систем моніторингу.....	99
<i>Бачурін С.М., Мірзоев В.С., Кручковський О.Л., Волков В.П.</i> Особливості конструктивних і технологічних рішень, реалізованих в безпілотних літальних апаратах “Shahed-136 (Герань-2)”.....	100
<i>Жук М.В., Сорочкін М.О., Васильченко Д.В.</i> Стабілізація озброєних БпЛА під час стрільби: сучасні підходи.....	101
<i>Калініченко С.О., Волков Ю.П.</i> Інтеграція FPV-дронів з наземними роботизованими комплексами задля підвищення ефективності евакуації, захисту та вогневої підтримки.....	102
<i>Ківшар О.А., Олійник Ю.В., Косенко Г.П.</i> Робота органів управління щодо планування маршруту польоту безпілотного літального апарату “Deep Strike”.....	103
<i>Луцевят О.І.</i> Виявлення та ідентифікація безпілотних літальних апаратів як ключовий аспект у боротьбі з ними.....	104
<i>Лазаренко Ю.О., Соннік О.Є., Гречаний М.П.</i> Напрямки розвитку інновацій ударних безпілотних літальних апаратів.....	105
<i>Сорочкін О.М., Кравченко Д.І., Шелест Ю.В.</i> Osint-аналіз використання БпЛА у російсько-українській війні (2022–2025 pp.) ...	106
<i>Сила І.М., Бойченко О.І., Аргунов С.В.</i> Роль БпЛА у протидесантних операціях.....	108
<i>Шеремет О.С., Ейдельштейн Г.Б., Галєпа О.Г.</i> Розробка рекомендацій щодо підвищення оперативності обробки даних повітряної розвідки з урахуванням досвіду ведення бойових дій.....	109

Жук І.С. Інтелектуальні підходи до планування маршрутів безпілотних авіаційних комплексів в умовах сучасного бойового середовища.....	110
НАПРЯМ №2 ДОСВІД ІНЖЕНЕРНО-АВІАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ БпАК ТА ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ В УМОВАХ АКТИВНОЇ ПРОТИДІЇ ПРОТИВНИКА.....	112
Риб'як А.С., Берлізова М.М., Попенко В.О. Аналіз сучасних бортових станцій радіотехнічної розвідки безпілотних літальних апаратів.....	112
Biekirrov A., Radionov R., Motronenko O. Methods and means of ensuring the survival and protection of unmanned aircraft.....	113
Biekirrov A., Sigaylo G.; Tolstynov A. Using FPV drones for retransmission of control signals.....	114
Українець Є.О., Мостовий А.В., Мироненко К.К. Експериментальне дослідження аеродинамічних характеристик боеприпасів БпЛА в умовах модернізованої аеродинамічної труби ТН-1.....	115
Карлов В.Д., Кузнєцов О.Л., Бесова А.О. Особливості виявлення траєкторії безпілотних літальних апаратів на великій дальності радіолокаційного спостереження.....	116
Карлов В.Д., Ковальчук А.О., Бесова О.В. Огляд сучасних підходів до систем керування безпілотних літальних апаратів.....	117
Карлов В.Д., Кузнєцов О.Л., Лукашук О.В., Більчіч Н.Ю. Особливості забезпечення короткохвильового радіозв'язку в умовах впливу неоднорідностей іоносфери.....	118
Barsukov O.M., Zynchenko V.P. Analysis of the interference immunity of class II UAV radionavigation systems.....	119
Задорожний І.С., Чередніков О.М., Андрієнко О.В. Імплементація національних стандартів оцінювання надійності безпілотних літальних апаратів до вимог стандартів НАТО.....	120
Пількевич І.А., Омельчук І.А., Корольова С.П. Підвищення маневрових характеристик БпЛА як спосіб покращення їх живучості.....	121
Хлоп'ячий В.А., Яцків Р.О.; Найда Т.Ю. Розробка структури перспективної уніфікованої системи об'єктивного контролю стану БпЛА.....	122

<i>Дігтярь М.М., Коршенко О.О.</i> Способи покращення надійності комунікації в БпЛА в умовах сучасної війни.....	123
<i>Дігтярь М.М., Хмель Є.О.</i> Оцінювання точності позиціонування БпЛА при використанні GNSS та інерціальних систем.....	124
<i>Красноруцький А.О., Карлов К.С.</i> Удосконалення методів діагностики асинхронних двигунів авіаційних електросистем.....	125
<i>Зенович О.Є., Колесник О.С., Грицюк А.Д.</i> Вдосконалення системи електропостачання розвідувального БпЛА шляхом впровадження адаптивних регуляторів напруги.....	126
<i>Barsukov O.M., Semenov M.S., Shcherba D.I., Gruboy Y.V.</i> Improvement of the method for measuring navigation parameters of class 1 UAVs.....	127
<i>Красноруцький А.О., Клімішен О.О., Бовкун А.Р.</i> Оцінка ефективності застосування кореляційно-екстремальних навігаційних систем у складі бортового комплексу безпілотного літального апарату.....	128
<i>Sukhanov O.Y., Halysh V.O., Datsenko S.O.</i> Application of groups of unmanned aircraft for destruction of ground targets.....	129
<i>Яценко В.Ж., Онищенко В.М., Підкалюк Я.В.</i> Навантаження конструкції вертольоту при застосуванні артилерійського озброєння.....	130
<i>Скорий Ю.В., Гурін А.П., Ахмад Ф.Х.</i> Підвищення контрасту об'єктів інтересу на оптико-електронних зображеннях з розвідувальних безпілотних літальних апаратів	131
<i>Безпалый В.А.</i> Концепт модульного крила БпЛА.....	132
<i>Терещенко О.П.</i> Пульсуючий повітряно-реактивний двигун для БпЛА-перехоплювача	133
<i>Збризький В.В., Лиходєєв О.С.</i> Удосконалення контуру стабілізації висоти БпЛА засобами сенсорної інтеграції.....	134
<i>Сівак В.А., Рудніченко С.В.</i> Контроль технічного стану безпілотних авіаційних комплексів мультикоптерного типу як ключовий показник ефективності їх застосування у бойових умовах.....	135
<i>Бусилко О.А., Вахнюк С.А., Куліков А.С.</i> Модернізація системи автоматичного регулювання частоти змінного струму АПА-5Д через впровадження новітніх засобів безперервного контролю в процесі виконання операцій.....	136

<i>Мостовий А.В., Мироненко К.К., Українець Є.О. Модернізація аеродинамічної труби ТН-1</i>	<i>137</i>
<i>Самокіш А.В., Гараєва О.А. Дослідження систем моніторингу каналів зв'язку БпЛА</i>	<i>138</i>
<i>Василенко Р.В., Афанасьєв К.А., Осипова А.І. Інтегровані навігаційні технології для підвищення стійкості БпЛА в умовах РЕБ.....</i>	<i>138</i>
<i>Нос А.І., Кузнєцов О.Л., Бесова А.О. Вибір фіксованих значень параметрів алгоритмів радіотехнічних слідкувальних систем.....</i>	<i>139</i>
<i>Sukhanov O.Y., Mytchuk O.O., Hoptsi T.V. Experience of engineering and aviation support for UAV operations and ways to improve the efficiency of unmanned aerial vehicle operation under conditions of active enemy counteraction.....</i>	<i>140</i>
<i>Лямцев М.С., Худов Г.В., Шевченко Ю.А. Метод виявлення розвідувальних безпілотних літальних апаратів мережею двох портативних мобільних Software-Defined-Radio приймачів.....</i>	<i>141</i>
<i>Sukhanov O.Y., Mytchuk O.O., Hoptsi T.V. Proposals regarding the use of active jamming stations on unmanned aerial vehicles.....</i>	<i>142</i>
<i>Токар А.М., Кухарчук І.В., Серветник Д.О. Розвідзахищеність систем ідентифікації безпілотних літальних апаратів.....</i>	<i>143</i>
<i>Кубрак В.Г., Поздняк В.П., Блащук С.М. Обґрунтування енергетичних параметрів пристроїв радіолінії управління та передачі даних між БпЛА та наземним пунктом управління</i>	<i>144</i>
<i>Камак Ю.О., Пантєлєєва Н.М. Метод прогнозування безвідмовності БпЛА на основі байєсівських мереж і Монте-Карло симуляцій</i>	<i>145</i>
<i>Колесник Є.В., Крепко Є.С.; Ткачов В.І. Вплив обледеніння на аеродинаміку крила БпЛА.....</i>	<i>146</i>
<i>Шевченко С.О., Пастушенко О.Л., Шкурупій С.С. Визначення характеристик радіолокаційної помітності компонувань безпілотних літальних апаратів з арково-кільцевим крилом.....</i>	<i>147</i>
<i>Величко Л.Д., Білаш О.В. Математичні моделі виявлення та ідентифікації джерел перешкод.....</i>	<i>148</i>
<i>Бурсала О.Л., Бурсала О.О., Грищенко О.Л. Оптимізація параметрів струму електродвигунів квадрокоптерів.....</i>	<i>149</i>
<i>Шевченко Д.Т., Бояров В.Т. Оцінювання показників надійності безпілотних літальних апаратів під час функційних випробувань...</i>	<i>150</i>

<i>Тулиця І.М., Вітрук М.І., Губський Н.В. Розробка моделі виявлення аномалій в лініях пересилання даних безпілотних авіаційних систем в умовах активної протидії засобів.....</i>	<i>151</i>
<i>Соколова Є.В., Артёмов А.І. Роль програмного забезпечення у забезпеченні автономності та стійкості БпАК.....</i>	<i>152</i>
<i>Георгієв Ю.В., Стеблюк І.І., Родюк Є.А. Комутаційна апаратура безпілотної авіації в умовах бойових дій.....</i>	<i>153</i>
<i>Феденько В.М., Бояров В.Т. Організаційні питання випробувань безпілотних літальних апаратів в умовах воєнного стану.....</i>	<i>154</i>
<i>Ступка Б.А., Походенко О.М., Запорожець С.В. Модель достовірної оцінки стійкості авіаційних протоколів зв'язку за допомогою GPU-прискореного динамічного моделювання.....</i>	<i>155</i>
<i>Кулик О.П., Павліченко О.А., Щербак О.В. Щодо побудови автоматичного ретранслятора радіосигналів для застосування на безпілотному літальному апараті.....</i>	<i>156</i>
<i>Білаш О.В., Войтович М.І. Шляхи підвищення ефективності експлуатації безпілотних літальних апаратів в умовах сучасної війни.....</i>	<i>157</i>
<i>Василенко Р.В., Паращенко Т.В. Особливості реалізації методів навігації в сучасних БпЛА.....</i>	<i>158</i>
<i>Мельник В.П., Шкабура А.Г., Древенчук Р.В. Протизледенільна система для БпЛА: підвищення ефективності польотів у складних метеоумовах.....</i>	<i>159</i>
<i>Сокульська Н.Б., Величко Л.Д., Ковальчук Р.А. Перетворення Фур'є як ключовий інструмент спектрального аналізу сигналів у системах радіоелектронної боротьби (РЕБ).....</i>	<i>160</i>
<i>Сокульська Н.Б., Білаш О.В., Нагорний М.С. Інженерні рішення на основі комплексної арифметики для ефективної цифрової фільтрації.....</i>	<i>161</i>
<i>Сокульська Н.Б., Гузик Н.М., Ліщинська Х.І. Моделювання профілю та геометрії крила для енергоефективності польоту БпЛА.....</i>	<i>162</i>
<i>Мухіна Т.П., Гаврилова В.М. Двигуни і палива для безпілотних літальних апаратів.....</i>	<i>163</i>
<i>Георгієв Ю.В., Нестерова Д.В., Миронюк Ю.О. Діагностика акумуляторних батарей БпЛА у сучасній збройній боротьбі.....</i>	<i>164</i>
<i>Лиходєєв О.С., Мартиненко А.В., Кальмуцький С.В. Цифрове керування авіаційним двигуном як ключовий елемент сучасних БпЛА</i>	<i>165</i>

<i>Древенчук Р.В., Василенко Е.К.; Доценко О.М. Моделі і методи раціонального управління в системах управління польотом БпЛА..</i>	166
<i>Василенко Р.В., Бобрівник Д.І. Методи вдосконалення паливної системи Bayraktar TB2 для підвищення надійності в бойових умовах</i>	167
<i>Кравчук В.В. Аналіз та обґрунтування льотно-технічних характеристик розвідувального БпЛА.....</i>	168
<i>Voiko S., Reuta A. Aviation communications and telecommunications today.....</i>	169
<i>Барченко С.В., Озеран Г.П., Лук'янець О.В. Методи зниження помітності безпілотних літальних апаратів.....</i>	170
<i>Білик А.О., Ковальчук А.О. Вибір фіксованих параметрів алгоритмів радіолокаційного супроводження безпілотних повітряних об'єктів за дальністю.....</i>	171
<i>Большакова І.М., Чопенко Я.Р., Коваль К.О. Автоматизація процесу побудови маршруту групи розвідувальних безпілотних літальних апаратів.....</i>	172
<i>Кайдан Е.С., Крицький Д.М. Поліпшена модель детекції об'єктів у відеопотоках БпЛА.....</i>	173
<i>Кайдан Е.С., Крицька О.С. Ройова організація руху eVTOL-платформ</i>	174
<i>Алтухов М.В., Кравченко І.В. Щодо надійності та ресурсу амортизаційних стояків шасі повітряного судна.....</i>	175
<i>Родюк Є.А., Стеблюк І.І. Система захисту БпЛА із впровадженням інтелектуальних модулів прийняття рішень.....</i>	176
<i>Майданіченко Д.О., Березицький Д.О. Підвищення надійності систем взведення підривачів засобами автоматизованого самоконтролю в умовах протидії БпЛА.....</i>	177
<i>Касянчик О.В. Інформаційно-аналітичні технології цифрового моделювання в авіаційних дослідженнях.....</i>	178
<i>Афанасьєв Ю.В. Програмно-апаратна модель моніторингу радіочастотного спектру в системі керування безпілотним літальним апаратом.....</i>	179
<i>Клімішен О.О., Бовкун А.Р., Матвеева В.С. Аналіз підходів та засобів підвищення автономності навігаційних систем безпілотних літальних апаратів.....</i>	180
<i>Козлов К.С. Розробка малопомітної системи навігації БпЛА для роботи в умовах активного РЕБ.....</i>	181

<i>Резнік А.В. Живучість українських БПАК в умовах радіоелектронної та кіберпротидії.....</i>	<i>182</i>
<i>Лютюв В.В., Вороніна Ю.О., Землянська А.В. Визначення енергетичних порогів ефективності згорткового та LDPC-кодування каналів зв'язку БПЛА в умовах впливу РЕБ.....</i>	<i>183</i>
<i>Журавльов С.В., Карпенко Б.В., Проценко О.І. Особливості дослідження силової установки БПЛА-перехоплювача літакового типу.....</i>	<i>184</i>
<i>Бачурін С.М., Кольченко В.В., Новак В.І. Напрямки розвитку інновацій розвідувальних безпілотних літальних апаратів.....</i>	<i>185</i>
<i>Осієвський С.В., Несміян О.Ю., Землянський Д.О. Формування параметрів безпеки інформаційно-комунікаційних систем спеціального призначення.....</i>	<i>187</i>
<i>Заруба О.Г., Кручковський О.Л., Тимофеев Б.М. Напрямки розвитку інновацій транспортних безпілотних літальних апаратів..</i>	<i>188</i>
<i>Savoteev A.O., Arshava A.Y., Khudokononko A.V. The use of unmanned aircraft systems in modern armed conflicts and ways of their development, taking into account the experience of warfare.....</i>	<i>190</i>
<i>Karatieiev S.M., Zakharov V.A., Lakhmanuk V.O. Proposals for the use of laser systems to counter optical-electronic systems of UAVs.....</i>	<i>191</i>
<i>Кушніренко О.В., Акимов О.О., Арзунов С.В. Особливості оцінки надійності безпілотних літальних апаратів в умовах сучасних бойових дій.....</i>	<i>192</i>
<i>Sokolova D.O., Kudriashova V.O. Analysis of the use of unmanned aerial systems under conditions of active electronic countermeasures</i>	<i>193</i>
<i>Yatskiv D.O., Sivov A.O. Analysis of interference resistance of control systems for class 1 UAVs</i>	<i>193</i>
<i>Karatieiev S.M., Dukh S.O. Proposals for improving the resilience of the uav control channel when using radio-electronic warfare means ...</i>	<i>194</i>
<i>Karatieiev S.M., Semenov M.S., Dolya A.V. Proposals for creating an air target simulator on UAVs.....</i>	<i>196</i>
<i>Khizhnyuk O.A., Kolotukhina Y.S., Nikolaiets D.A. Predictive maintenance of UAVs a modern approach to address the challenges of modern warfare.....</i>	<i>197</i>
<i>Khizhnyuk O.A., Kolotukhina Y.S., Nikolaiets D.A. UAV control system without GPS in-teraction based on an inertial navigation system using laser gyroscopes and terrain maps.....</i>	<i>198</i>

<i>Soldatenko A.O., Dehtiarenko S.O.</i> Trends in the development of reconnaissance-strike UAVs.....	199
<i>Boiko M.M., Yakymchuk K.I., Andrus A.A.</i> Analysis of ways to improve the confidentiality of data transmission in UAVs	200
<i>Semko M.R., Kozlova A.S., Kryva T.A., Melnyk M.V.</i> Study of ways to improve detection of GPS-spoofing attacks on UAVs	201
<i>Samus I.O., Abramov D.O., Lantukh V.V.</i> Research of UAV control and navigation system in conditions of resistance to armed aggression.....	202
<i>Kazakov Y.Y., Polishchuk O.D.</i> Analysis of approaches to increasing the detection range of aerial targets in the optical infrared band.....	203
<i>Zhuk V.V., Vedernikova A.V., Politova A.I.</i> Use of the acoustic method to improve the effectiveness of detecting enemy UAVs.....	204
<i>Khizhnyuk O.A., Pasichniuk I.A.</i> Synergy of unmanned aerial vehicles and ground robotic systems in the conditions of modern armed conflicts: analysis and prospects.....	205
<i>Tsotock Z., Halytsyi D.</i> Use of local navigation systems to ensure UAV resilience under electronic warfare conditions.....	207
<i>Sukhy V.I., Skoropadsky R.V., Dysyuk M.D.</i> Analysis of approaches to improving the characteristics of communication lines with class 3 unmanned aerial vehicles.....	208
НАПРЯМ №3 ФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ ПІДГОТОВКИ ЕКІПАЖІВ БпАК З УРАХУВАННЯМ СТАНДАРТІВ НАТО.....	210
<i>Кривонос В.М., Тимчук Г.М.</i> Вдосконалення процесу підготовки командирів підрозділів БпАК, оснащених БпЛА-перехоплювачами повітряних цілей з урахуванням досвіду бойових дій	210
<i>Іващенко М.М.</i> Правові засади формування системи підготовки екіпажів безпілотних авіаційних комплексів в Україні з урахуванням стандартів НАТО	211
<i>Балабуха О.С., Качуровський Г.М., Максимов М.О.</i> Імітаційна модель польоту безпілотних літальних апаратів винищувачів (перехоплювачів) для тренування операторів (штурманів) наведення.....	212
<i>Величко Л.Д., Сорокатиий М.І., Білаш О.В.</i> Вплив якості інженерно-авіаційного забезпечення та надійності БпАК на рівень довіри, бойовий стрес та помилки екіпажів: психологічні аспекти експлуатаційної безпеки.....	213
<i>Красноруцький А.О., Охотенко О.С., Михайличенко Д.О.</i> Асиметричні ройові атаки та дроніві декої: моделювання інформаційного перевантаження екіпажів вертольотів.....	214

<i>Сорокатиий М.І., Білаш О.В., Войтович М.І. Впровадження модульного підходу до підготовки операторів БпАК: адаптація програми навчання до стандартів компетентності НАТО.....</i>	<i>215</i>
<i>Сорокатиий М.І., Величко Л.Д., Білаш О.В. Психофізіологічні та когнітивні вимоги до екіпажів БпАК: формування стресостійкості та навичок прийняття рішень у системі підготовки НАТО</i>	<i>216</i>
<i>Стаднічук О.М., Кучер М.В. Адаптація підготовки операторів БпЛА відповідно до вимог стандартів НАТО</i>	<i>217</i>
<i>Золотницький Н.А., Сапегін Є.В., Таршин В.А., Залевський Г.С. Пропозиції щодо навчання підрозділів, оснащених БпЛА-перехоплювачами.....</i>	<i>218</i>
<i>Грицина І.М. Особливості підготовки пілотів безпілотних авіаційних комплексів 1 класу</i>	<i>219</i>
<i>Бологін А.С., Жикол П.О. Застосування інтелектуальних систем підтримки екіпажів при спільному застосуванні пілотованої та безпілотної авіації</i>	<i>220</i>
<i>Рютін В.В. Обґрунтування необхідності професійно-психологічного вивчення персоналу екіпажів безпілотних авіаційних комплексів</i>	<i>222</i>
<i>Жирун В.І., Васіліаді М.О. Підготовка операторів БпАК: стандарти НАТО.....</i>	<i>224</i>
<i>Ткач Т.С. Побудова ефективної системи навчання екіпажів БпАК на засадах НАТО</i>	<i>225</i>
<i>Добровольський Ю.Б., Ярмольчик М.О, Молчанов Д.Б. Підготовка операторів БпАК у підрозділах сил оборони: проблеми та перспективи оптимізації.....</i>	<i>226</i>

ВСТУПНЕ СЛОВО

**начальника інженерно-авіаційного факультету
Харківського національного університету Повітряних Сил
імені Івана Кожедуба полковника Богдана ІВАЩУКА**

Шановні учасники конференції!

Вже четвертий рік триває виснажлива та кривава війна, яку ведуть Сили оборони України та весь український народ проти російських агресорів за свободу, незалежність та саме існування української держави і нації. Щоденно ворог намагається зламати волю до опору нашого народу, розгорнувши ракетно-дроновий терор проти цивільного населення, нашої економіки, критичної інфраструктури, системи життєзабезпечення, при цьому вкладаючи шалені матеріальні та людські ресурси у горнило війни.

В таких умовах Україна та її Сили оборони отримали унікальний досвід та навчились давати асиметричні відповіді на дії ворога. Науковий прогрес у військовій справі отримав непередбачене прискорення, а деякі зразки озброєння і військової техніки почали активно використовувати складні технології майбутнього.

Сучасна війна вже перетворилась на боротьбу безпілотних систем, і особливо це стосується безпілотної авіації, адже широке застосування безпілотних літальних апаратів (БпЛА) в ході ведення бойових дій стало однією з особливостей російсько-української війни, яка відкрила нові сфери розвитку озброєння та військової техніки, однією з яких стала сфера розвитку безпілотних авіаційних комплексів (БпАК) та, відповідно, засобів протидії їм.

В умовах обмеженості ресурсів наукова складова нашої держави створює нові та ефективні рішення. Таким чином,

Україна доводить, що розміри та військова міць противника можуть бути компенсовані іншими факторами, головним з яких є жага до перемоги.

При цьому наукова та військова спільнота провідних країн світу уважно спостерігає за бойовим використанням безпілотних систем та новітніх технологій, таких як штучний інтелект, машинний зір, енергетична зброя, кіберпростір та інші інновації, що закладають основу для майбутньої технологічної екосистеми.

І саме тому ми вже третій рік поспіль проводимо на інженерно-авіаційному факультеті Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба науково-практичну конференцію на тему **“БЕЗПЛОТНА АВІАЦІЯ У СУЧАСНІЙ ЗБРОЙНІЙ БОРОТЬБІ”**, основною метою якої є обмін актуальною науковою інформацією та практичним досвідом експлуатації, бойового застосування, забезпечення та підготовки авіаційного персоналу для безпілотних авіаційних комплексів, а також вирішення проблемних питань, що виникають при застосуванні БпАК Силами оборони України в сучасних умовах ведення бойових дій.

Сподіваюсь, що конференція пройде у творчій атмосфері з вільним обміном думками, продуктивною науковою дискусією та всебічним розглядом усіх проблемних питань та дозволить сформулювати обґрунтовані, теоретично та практично значущі наукові результати, а отриманий досвід, знання, уміння та навички кожного з учасників конференції дадуть поштовх до нових звершень та досягнень і наблизять день нашої Перемоги над ворогом.

Разом до перемоги! Слава Україні та її Збройним Силам!

НАПРЯМ №1

СПОСОБИ ТА ТАКТИЧНІ ПРИЙОМИ БОЙОВОГО ЗАСТОСУВАННЯ БпЛАК В УМОВАХ СУЧАСНОГО ЗБРОЙНОГО ПРОТИСТОЯННЯ

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ПРИКРИТТЯ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

В.В. Афанасьєв, к.т.н., доцент; С.К. Пужай-Череда;

А.Г. Єрилкін, к.військ.н., доцент

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Розвиток науково-технічного прогресу обумовлює потребу в створенні нових ефективних технічних рішень для вирішення проблемних питань. Війна російської федерації проти України відкрила нові сфери розвитку озброєння та військової техніки (ОВТ), однією з яких стала сфера розвитку безпілотних авіаційних комплексів та, відповідно, засобів протидії. Наступним етапом є еволюція способів ведення бойових дій. За результатами аналізу бойового досвіду визначено, що кількісно-якісна перевага противника в зразках ОВТ є основною умовою для досягнення поставлених цілей, але не є виключною. Пошук асиметричних рішень залишається актуальним. Одним з таких напрямів є побудова ефективної системи протидії масованому застосуванню безпілотних літальних апаратів (БпЛА).

Аналіз розвитку ОВТ та тактики його застосування проведено для різних етапів, які відрізняються, зміною кількісно-якісного складу засобів протидії БпЛА та в організаційно-штатних структурах підрозділів сил оборони України. Ці складові стали базовою основою проведення концептуальних змін в структурі Командування Повітряних Сил Збройних Сил України.

Заходи, що проводяться, спрямовані на розвиток спроможностей щодо захисту повітряного простору України та об'єктів критичної інфраструктури. Показано, проблемні

питання щодо виконання цих завдань. Обґрунтовано перспективні напрями розвитку безпілотних авіаційних систем для прикриття об'єктів критичної інфраструктури.

**ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ПОБУДОВИ
ПЕРСПЕКТИВНОГО ВИНИЩУВАЛЬНОГО
БЕЗПІЛОТНОГО АВІАЦІЙНОГО КОМПЛЕКСУ З
ВІДКРИТОЮ АРХІТЕКТУРОЮ ТАКТИЧНОГО РІВНЯ**

В.Г. Малюга¹, д.військ.н., с.н.с.;

В.В. Грідіна²; В.В. Бичков³

*¹Державний науково-дослідний інститут випробувань і
сертифікації озброєння та військової техніки;*

*²Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба;*

³Військова частина А4667

За досвідом російсько-української війни ефективним способом боротьби з розвідувальними та ударними БпЛА противника на тактичному рівні є застосування відносно дешевих БпЛА-перехоплювачів. На теперішній час наведення БпЛА-перехоплювача на повітряну ціль здійснюється в ручному режимі безпосередньо оператором (пілотом) БпЛА.

Одним з шляхів підвищення ефективності протиповітряної оборони військ та об'єктів на тактичному рівні є ініціація і прискорення розробки системи автоматизованого наведення БпЛА-перехоплювача, що дозволить в перспективі створити багатоканальний винищувальний безпілотний авіаційний комплекс (БпАК) з відкритою архітектурою та мінімізувати втрати ефективності його застосування з причини недостатньої підготовленості особового складу екіпажів (обслуг).

Під відкритістю архітектури тактичних винищувальних БпАК розуміється можливість реалізації комплексу в різних варіантах його складових елементів за рахунок підключення до наземної платформи управління різнотипних БпЛА-перехоплювачів та різноманітних засобів виявлення повітряних цілей.

ЗАСТОСУВАННЯ РАДІОКЕРОВАНИХ ТА ОПТОВОЛОКОННИХ ДРОНІВ У РОСІЙСЬКО- УКРАЇНСЬКІЙ ВІЙНІ

В.Д. Карлов, д.т.н., професор; О.О. Копилов, к.т.н., доцент;

О.В. Бєсова, к.т.н., старший дослідник

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Використання під час війни такої нової технологічної переваги, як радіокеровані ударні та розвідувальні дрони дозволило Україні стримувати РФ на протязі кількох років. Це привело до створення “Стіни дронів” - ешелонованої системи оборони, що побудована на використанні великої кількості розвідувальних та ударних безпілотних літальних апаратів (БпЛА), які доповнюються можливостями ракетних та артилерійських засобів в масштабі реального часу.

Російські війська намагаються сформувати аналогічну систему дронів, але для наступальних дій. Це привело до того, що бойові дії в значній частині стали “війною дронів”. В цій війні для боротьби з дронами використовуються можливості завадити їх функціонуванню засобами радіоелектронної боротьби (РЕБ), а саме прийому навігаційних сигналів.

У доповіді обґрунтовано, що пошук засобів боротьби з засобами РЕБ та РТР при застосуванні дронів привів до створення БпЛА на оптоволокні, які не тільки нечутливі до засобів РЕБ, але й здатні передавати оператору зображення високої якості (4К) при будь-якій обстановці, поки цілий канал волоконно-оптичного зв'язку. Крім того зазначено, що перевагою FPV-дронів на оптоволокні є також можливість польоту на дуже малих висотах (від півметра над поверхнею землі), що практично не дозволяє виявляти їх радіолокаційними та оптичними засобами і дає можливість залітати навіть в окопи та бліндажі без втрати зв'язку з оператором. Дальність дії дронів, а значить і можливої ширини сірої зони визначається довжиною

оптоволокна і зараз це зазвичай від 10 до 20 кілометрів, деякі моделі досягають дальності 32 кілометрів. Є інформація про створення катушок оптоволокна довжиною 100 км. Тобто слід очікувати розширення в найближчому розмірів сірої зони.

ТАКТИЧНІ ПРИЙОМИ МІНІМІЗАЦІЇ ВТРАТ БпАК В УМОВАХ ІНТЕНСИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ РЕБ ПРОТИВНИКОМ

*О.В. Білаш, к.е.н., доцент; Л.Д. Величко, к.ф.-м.н., доцент
Національна академія сухопутних військ
ім. гетьмана Петра Сагайдачного*

Інтенсивне застосування засобів радіоелектронної боротьби (РЕБ) у сучасних конфліктах значно підвищило втрати тактичних БпАК. Сучасні РЕБ-комплекси здатні здійснювати глушіння каналів управління та застосовувати високопотужні електромагнітні удари, що призводить до втрат або виведення з ладу дронів. Водночас досвід бойових дій показує, що системний підхід – поєднання технічних рішень, тактичних прийомів і навчання персоналу, що дозволяє суттєво знизити ризики втрат БпАК.

Основними загрозами БпАК у середовищі РЕБ є: придушення каналів управління; глушіння навігаційних систем; перехоплення сигналів; радіолокаційне виявлення та супровід. В зв'язку з цим для мінімізації втрат БпАК оператори повинні: планувати маршрути з максимально коротким перебуванням у небезпечній зоні; змінювати висоту та профіль польоту, оскільки політ на нетипових висотах ускладнює роботу певних типів РЕБ і ППО; розосереджувати та здійснювати групову роботу БпАК.

Отже, інтенсивне застосування засобів РЕБ противником стало одним із ключових викликів для підрозділів, які працюють із БпАК. Проте комплексне впровадження тактичних прийомів від планування маршруту до групового застосування дронів та використання рельєфу здатне суттєво зменшити втрати та забезпечити виконання бойових задач. Результати дослідження

свідчать, що поєднання тактичних, організаційних та технічних заходів забезпечує найбільший ефект у протидії РЕБ.

ВИКОРИСТАННЯ ТАКТИЧНИХ БпАК ДЛЯ КОРИГУВАННЯ ВОГНЮ АРТИЛЕРІЇ В УМОВАХ СУЧАСНОГО БОЮ

О.В. Білаш, к.е.н., доцент; Н.Б. Сокульська, к.ф.-м.н., доцент;

Р.А. Ковальчук, к.т.н., доцент

Національна академія сухопутних військ

ім. гетьмана Петра Сагайдачного

Сучасне поле бою характеризується високою динамічністю, насиченістю засобами розвідки, радіоелектронної боротьби та точного ураження. У таких умовах ефективне застосування артилерії значною мірою залежить від точності виявлення цілей та своєчасності коригування вогню. Безпілотні авіаційні комплекси тактичного рівня стали невід'ємним елементом системи розвідки й вогневого ураження. Їх застосування дозволяє значно підвищити точність артилерійського вогню, зменшити витрати боєприпасів та час на ураження цілі.

Тактичні БпАК виконують низку завдань, серед яких головними є: ведення повітряної розвідки у зоні відповідальності артилерійських підрозділів; визначення координат цілей із використанням геопросторових даних; передача відеоінформації у режимі реального часу до командного пункту; спостереження за результатами артилерійського вогню; коригування вогню шляхом уточнення відхилення від точки прицілювання.

Отже, тактичні БпАК є ключовим інструментом підвищення ефективності артилерійського вогню в умовах сучасного бою. Їхнє застосування забезпечує точність, оперативність та гнучкість ураження цілей, сприяє економії боєприпасів і зменшенню втрат. Водночас необхідно вдосконалювати технічні засоби захисту каналів зв'язку та методи підготовки операторів.

РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ДЛЯ УРАЖЕННЯ ЗАСОБІВ ПРОТИПОВІТРЯНОЇ ОБОРОНИ ПРОТИВНИКА

*Б.М. Іващук, к.т.н., доцент; М.Я. Атласюк
Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Ефективне застосування безпілотних літальних апаратів (БпЛА) у сучасних конфліктах створює нові можливості для виявлення, дезорганізації та нейтралізації систем протиповітряної оборони противника. Завдяки комплексному поєднанню розвідувальних, інформаційних функцій аероелектроної боротьби БпЛА здатні забезпечувати всебічний вплив на елементи ППО — від їхнього виявлення та цілевказання до створення переважання сенсорних систем і створення хибних цілей.

Ключовою складовою підвищення ефективності боротьби з ППО є розвиток цифрових інструментів підтримки БпЛА, зокрема програмного забезпечення, яке автоматизує критичні етапи роботи. Одним із перспективних напрямів є створення системи автоматичного визначення координат виявлених цілей, яка одразу передаватиме інформацію підрозділам на передових позиціях. Така система скорочує час між виявленням та реакцією, знижуючи ризик втрати цілі та підвищуючи загальну точність бойових дій.

Ще одним важливим напрямом розвитку є впровадження технологій штучного інтелекту для автоматичного розпізнавання об'єктів. Алгоритми комп'ютерного зору можуть прискорити ідентифікацію засобів ППО, підвищити точність класифікації, мінімізувати людські помилки та забезпечити постійну роботу у складних умовах — вночі, за поганої видимості або при значній кількості перешкод. Така інтеграція штучного інтелекту дозволяє значно оптимізувати інформаційний цикл “виявлення — аналіз — передача даних — прийняття рішень”.

У комплексі поєднання БпЛА з сучасними програмними рішеннями формує нову парадигму ведення боротьби з ППО, в основі якої — швидкість отримання та обробки даних, мережевість, технологічна адаптивність та мінімізація ризиків для особового складу.

ТАКТИЧНІ ПІДХОДИ ДО ВИКОРИСТАННЯ БпАК У ПОЄДНАННІ З ЗАСОБАМИ РЕБ

*О.В. Білаш, к.е.н., доцент; М.І. Сорокати́й, к.ф.-м.н., доцент
Національна академія сухопутних військ
ім. гетьмана Петра Сагайдачного*

Поєднання безпілотних систем і засобів РЕБ під час виконання бойових дій стало одним із ключових елементів сучасної тактики. Загальні тенденції та приклади тактичного застосування БпАК у поєднанні з РЕБ останніх років свідчать про необхідність багаторівневого підходу до інтеграції цих засобів. Головними тактичними цілями поєднання БпАК і РЕБ полягає у наступному: підвищення ефективності виявлення та ідентифікації цілей за рахунок комбінованої обробки оптичних даних і електромагнітної розвідки; тимчасове або цілеспрямоване виведення з ладу засобів зв'язку противника для полегшення маневру й ураження; створення умов для проведення масованих або точкових ударів при мінімальному ризику для сил своїх підрозділів; підвищення живучості власних БпАК завдяки тактичній координації засобами РЕБ.

Отже, існують такі тактичні прийоми та оперативні процедури: синхронізація часу зусиль; розподіл ролей у підрозділі; динамічне перемикання режимів; засоби забезпечення живучості БпАК; загрози та протидія. Тактичне поєднання БпАК і засобів РЕБ дає значні операційні переваги: від підвищення якості розвідки до створення умов для успішного ураження цілей. Проте успіх залежить від рівня інтеграції, стійкості каналів зв'язку, наявності процедур адаптації під час електронного протистояння та підготовки персоналу. Рекомендується

застосовувати багаторівневі тактики, підкріплені технічними рішеннями для підвищення живучості платформ і оперативного обміну інформацією.

СПОСОБИ ТА ТАКТИЧНІ ПРИЙОМИ БОЙОВОГО ЗАСТОСУВАННЯ БпАК В УМОВАХ СУЧАСНОГО ЗБРОЙНОГО ПРОТИСТОЯННЯ

*В.І. Боровий, к.т.н, доцент; А.В. Ткалич; Р.С. Телюков
Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Упродовж останніх років роль безпілотних авіаційних комплексів (БпАК) у збройних протистояннях помітно зросла, що суттєво вплинуло на спосіб організації та ведення бойових дій. Застосування таких комплексів уже не обмежується лише розвідувальними задачами — вони дедалі частіше виступають ключовим інструментом для коригування вогню, точкових ударів і забезпечення підрозділів актуальною інформацією. Саме тому питання вдосконалення методів їх використання та тактичних підходів до бойової роботи набуває першорядного значення. Ефективність БпАК визначається не лише технічними можливостями, а й здатністю операторів оперативно змінювати маршрути, узгоджувати дії із суміжними вогневими засобами та зберігати скритність під час виконання польотних завдань. На практиці застосування БпАК охоплює широкий спектр тактик — від використання групових пусків для ускладнення роботи систем ППО до комбінування апаратів різного типу в межах однієї операції. FPV-дрони, що отримали особливе поширення, дозволяють завдавати високоточних ударів по техніці та живій силі, а польоти на малих висотах значно ускладнюють їх виявлення.

Окрему увагу вимушено приділяють приховуванню стартових позицій, резервним засобам навігації та протидії ворожим системам радіоелектронного подавлення, які впливають на результативність виконання завдань. У роботі представлено

огляд актуальних рішень і практичних підходів, спрямованих на підвищення дієвості БпАК у підрозділах оборонного спрямування. З огляду на активне застосування противником комбінованих засобів ураження, до БпАК висуваються більш жорсткі вимоги щодо точності та оперативності роботи. Це, у свою чергу, обумовлює необхідність якісної підготовки операторів, упровадження тренувальних занять із залученням моделювання польотних ситуацій та розширення функціональних можливостей систем, що обробляють отриману інформацію. Комплексна організація розвідки та управління вогнем, разом із підтримкою інформаційної переваги, дає змогу забезпечити стабільність і адаптивність підрозділів.

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Н.М. Гродзь, д.філос.

*Національна академія сухопутних військ
ім. гетьмана Петра Сагайдачного*

Сучасна війна в Україні давно перекваліфікована у технологічну війну за способом її ведення та методикою застосування новітніх безпілотних літальних апаратів. Ефективність використання останніх доводить, що за допомогою даних технологічних ресурсів можна результативно впливати на хід та розвиток воєнних дій. Застосування безпілотних літальних апаратів дозволяє виконувати завдання на небезпечних ділянках, контролювати ворога, спрощувати маршрути, забезпечувати логістику та базове постачання на великі та невеликі відстані, виконувати відео- та фотозйомку, фотофрагменти, розвідку, моніторинг місцевих локацій та дислокацій, допомагати у проведенні військових завдань та безпосередньо у веденні військових операцій, пошукових та рятувальних місій. Останні у свої чергу – це місії надважливого призначення, котрі дозволяють економити людські ресурси, фізичну кількість, час та фінансові ресурси, надаючи точну локаційну інформацію. Ще одним з

найвизначальніших способів ефективно використовувати безпілотні літальні апарати є здійснення розвідки та спостереження у відповідних зонах, на небезпечних військових відрізках, площах, використовуючи окремі оптично-електронні та радіолокаційні системи для виявлення відповідних небезпечних об'єктів. Функціонально, малі габарити безпілотних літальних апаратів дозволяють їм ефективно діяти в умовах активної протидії засобів ППО, при маскуванні; також вони мають широке бойове застосування для ударних операцій у морських та наземних діях.

РОЗРОБКА І ВИПРОБУВАННЯ АВІАЦІЙНИХ ТУРЕЛЕЙ ДЛЯ БОРОТЬБИ З ВОРОЖИМИ БПЛА

Д.В. Сиворакиа; Н.М. Пантелєєва, д.е.н., к.т.н., професор;

М.Е. Хуторна, д.е.н., професор

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

Характер сучасної оборонної боротьби принципово змінився з появою і активним бойовим застосуванням БПЛА, що вплинуло на співвідношення між повітряною розвідкою, протиповітряною обороною (ППО) і наземними силами. Поліаспектна природа БПЛА проявляється в аспекті їх використання як ефективного озброєння або зростаючої ворожої загрози, що вимагає пошуку ефективних засобів протидії. На гостру необхідність контрзаходів проти ворожих БПЛА вказує динаміка їх запуску і збиття. З різним ступенем ефективності використовуються ППО і ЗРК, засоби електронної боротьби (РЕБ) та інші засоби.

На виконання завдання щодо можливості застосування для знищення БПЛА противника вертольотів типу Ми-8 дооснащених авіаційною туреллю, а саме дистанційно-керованим бойовим модулем з кулеметом КТ-7,62, у ДНДІ ВС ОВТ у 2025 р. проведені дослідницькі випробування. Їх метою визначено оцінку можливості застосування дослідного зразка за призначенням, а також надання рекомендацій щодо можливості

допуску до експлуатування. За результатами випробувань обґрунтовані рекомендації на встановлення додаткового планшету, збільшення кутів повороту турелі у горизонтальній площині вліво, покращити тепловізор системи виявлення цілі, збільшити можливу зону наведення і кутову швидкість переміщення кулемету та ін.

Наразі, прийнято рішення про перерву дослідницьких випробувань вертольоту типу Ми-8 дооснащеного авіаційною туреллю для доопрацювання зразка шляхом внесення зміни до його конструкції в частині наданих пропозицій.

ВИКОРИСТАННЯ БПЛА ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ БОЙОВИХ ЗАВДАНЬ АРМІЙСЬКОЮ АВІАЦІЄЮ СУХОПУТНИХ ВІЙСЬК В СУЧАСНІЙ ЗБРОЙНІЙ БОРотьБИ

В.В. Шмаков, к.т.н., доцент; П.М. Оніпченко, к.пед.н., доцент;

О.І. Колодяжний, к.т.н., доцент

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Досвід сучасного збройного конфлікту свідчить про особливу роль авіації Сухопутних військ у виконанні вогневого впливу на противника, зокрема при неможливості нанесенні вогневого ураження противнику іншими вогневими засобами. Застосування БПЛА з використанням новітніх технологій у збройному конфлікті підтвердило високу ефективність у комплексному вогневому ураженні противника. Спроможності центрів управління польотами БпАК дозволяє спостерігати за обстановкою та діями вертольотів поблизу об'єктів дій у режимі он-лайн, приймати рішення на бойове застосування авіаційного озброєння з вертольотів при умовах безпеки своїх військ та здійснювати групі бойового управління (передовому авіаційному навіднику) точне, своєчасне та безпечне цілевказання екіпажам вертольотів.

Основні тенденції розвитку БпЛА включають збільшення самостійності прийняття рішень завдяки штучному інтелекту, та покращення льотних характеристик (час польоту, дальність, навігація). Також спостерігається розвиток технологій роїння (використання безлічі дронів), покращення зв'язку та створення нових форм та дизайнів апаратів. Машинне навчання призводить до того що дрони стають більш автономними, здатними самостійно переміщатися, уникати перешкод, знаходити цілі та приймати рішення, що знижує навантаження на операторів. Також покращується точність навігації за рахунок у складних умовах завдяки використанню інерційних навігаційних систем (INS).

**СПЕЦІАЛІЗОВАНЕ ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ОПЕРАТОРА ПОПЕРЕДНЬОГО НАВЕДЕННЯ ЕКІПАЖУ
БЕЗПІЛОТНОГО АВІАЦІЙНОГО КОМПЛЕКСУ
ВИНИЩУВАЧА (ПЕРЕХОПЛЮВАЧА)**

А.Л. Ковтунов, к.т.н.; І.Г. Дзеверін, к.військ.н., с.н.с.;

С.М. Комбаров

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Ефективність застосування безпілотних літальних апаратів (БпЛА) винищувачів (перехоплювачів) суттєво обмежується складністю візуального пошуку повітряних цілей пілотом. Вирішенням проблеми є розробка спеціалізованого програмного забезпечення (СПЗ) для оператора (штурмана) наведення, яке інтегрує дані розвідки та телеметрію дрона на єдиній цифровій платформі. Ключовий функціонал системи включає автоматичний розрахунок точки зустрічі та побудову оптимального курсу зближення з урахуванням векторів швидкості об'єктів. Програма забезпечує візуалізацію повітряної обстановки через інтерфейс, з детальним описом елементів управління БпЛА, автоматичними підказками та системою попередження про помилки оператора (штурмана) наведення,

візуалізацією траєкторій руху БпЛА та повітряної цілі (ПЦ) у реальному часі, індикацією параметрів польоту (швидкість, висота, дальність до цілі) та відображення цифрової карти місцевості.

Розрахункові можливості забезпечують автоматичний розрахунок часу до точки зустрічі БпЛА-перехоплювача з ПЦ, визначення оптимального курсу, відображення енергетичних можливостей (достатність палива/заряду) та прогнозування траєкторії ПЦ з урахуванням її можливих маневрів.

СПЗ дозволяє проводити запис усіх дій оператора (штурмана) наведення для подальшого аналізу та усунення помилок.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ FPV-КОМПЛЕКСІВ В УМОВАХ РЕБ

Д.С. Грянко¹; І.М. Олійник²

¹Військова частина А9193;

*²Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Досвід застосування ударних FPV-дронів виявив низку чинників, що знижують їх ефективність: нестабільна якість комплектувальних, складність керування в зоні активного РЕБ (“остання миля”), а також недосконалість підготовки операторів. Це погіршує якість пілотування та спричиняє збільшення втрат матеріальної частини.

Пропонується впровадження послідовної (модульної) системи підготовки, де навички будуються за принципом лінійної залежності: від симулятора та інженерної підготовки до польотів на стійких до завад частотах.

Технічний аспект пропонується вирішувати переходом до модульної архітектури FPV-комплексів. Уніфікація кріплень моторів, камер і контролерів дає змогу виконувати ремонт і зміну компонентів у польових умовах без пайки, включно з оперативною заміною частотних модулів. Це підвищує відмовостійкість та скорочує час підготовки БпЛА до місії.

Найбільш критичною проблемою залишається втрата відеосигналу й керування на фінальній ділянці польоту через “купол” РЕБ навколо цілі. Одним із перспективних рішень є інтеграція легковагових алгоритмів машинного зору (Computer Vision). Алгоритми трекінгу типу MOSSE чи KCF, що можуть працювати на контролерах STM32/H7 або недорогих співпроцесорах (ESP32-S3), дозволяють реалізувати режим “lock-on”: оператор фіксує ціль до входу у зону придушення, після чого дрон автономно утримує траєкторію атаки. Це компенсує вплив РЕБ і забезпечує ураження навіть під час повної втрати відеоканалу.

ВИКОРИСТАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ДЛЯ ЗАВДАНЬ ПРОТИПОВІТРЯНОЇ ОБОРОНИ

*О.М. Магу; О.В. Даниленко; О.В. Акімова, к.юр.н.
Державний науково-дослідний інститут випробувань і
сертифікації озброєння та військової техніки*

Безпілотні літальні апарати (БпЛА) дедалі частіше доповнюють традиційні засоби протиповітряної оборони завдяки мобільності, низькій вартості та здатності забезпечувати постійний моніторинг повітряного простору. На відміну від наземних радарів та ракетних комплексів, БпЛА можуть швидко розгортатися на позиціях для розвідки та виявлення малопомітних цілей, забезпечення раннього попередження і формування оперативної картини повітряної обстановки. Вони також використовуються для цілевказання засобам ППО, уточнення координат цілей і супроводу, що підвищує точність ураження і дозволяє економити ракети.

БпЛА можуть виконувати роль перехоплювачів інших безпілотних апаратів, використовуючи кінетичні або електронні засоби ураження, а також брати участь у радіоелектронній боротьбі, глушачи канали управління ворожих апаратів або створюючи перешкоди для навігації. Масове застосування

ройових систем забезпечує покриття “мертвих зон”, роблячи ППО більш гнучкою та менш вразливою.

Таким чином, БпЛА формують новий рівень гнучкості та адаптивності систем ППО, значно розширюючи їх можливості в частині розвідки, супроводу, цілевказання, перехоплення та РЕБ. Використання безпілотних літальних апаратів у ППО є важливим фактором підвищення ефективності оборони в умовах зростання кількості малорозмірних, малопомітних і високодинамічних повітряних загроз.

ФОРМИ ТА СПОСОБИ ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ СИСТЕМ

С.О. Кібіткін, к.т.н.

Національна академія Служби безпеки України

Безпілотні авіаційні системи (БпАС) у сучасних бойових діях стали одним із ключових елементів розвідки, управління та ураження. Вони забезпечують оперативне отримання інформації, підвищують точність вогневого ураження та знижують ризики для особового складу. Залежно від умов застосування та технічних характеристик, БпАС використовуються як автономно, так і в складі інтегрованих систем управління військами.

Основними формами застосування БпАС є: індивідуальне виконання завдань, комплексне використання у складі бойових угруповань та масоване застосування у форматі ройових структур. Індивідуальні дії передбачають проведення розвідки, спостереження та коригування вогню. Комплексна форма базується на синхронізації роботи БпАС із артилерією, засобами РЕБ, наземними та морськими платформами. Ройове застосування забезпечує одночасне ураження декількох цілей і ускладнює роботу систем ППО противника.

До основних способів застосування БпАС належать: повітряна розвідка, коригування артилерійського вогню, нанесення ударів по цілях, ретрансляція сигналів зв'язку, виконання задач радіоелектронної боротьби та забезпечення тактичної логістики.

Завдяки впровадженню елементів штучного інтелекту та автономного управління, БпАС здатні діяти у складних умовах радіоелектронної протидії та обмеженої навігації.

Таким чином, форми і способи застосування БпАС постійно удосконалюються, що робить їх невід'ємним компонентом сучасних воєнних операцій і ключовим інструментом здобуття інформаційної та вогневої переваги.

БПЛА ДРУГОГО КЛАСУ ЯК ВАЖЛИВИЙ ІНСТРУМЕНТ СУЧАСНОГО ПОЛЯ БОЮ

М.М. Кулик¹; А.О. Вергасов²; В.О. Закладний²

¹Командування Повітряних Сил Збройних Сил України;

*²Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Збройна агресія РФ проти України прискорила розвиток і впровадження безпілотних літальних апаратів, зокрема і БпЛА другого класу, які поєднують відносну компактність із помітно вищою вантажопідйомністю й дальністю польоту порівняно з БпЛА першого класу. Ці системи ставлять акцент на тактичній автономності, розширених можливостях розвідки та здатності виконувати більш складні ударні задачі.

БпЛА другого класу використовують як правило для застосування засобів ураження калібром від 2 до 15 кг та для розвідувальних завдань у реальному часі і коригування вогню. Їхня конструкція дозволяє інтегрувати більш досконалі датчики й засоби зв'язку, що підвищує ефективність виявлення та наведення на ціль. Завдяки більшій вантажопідйомності вони можуть уражати більш широкий спектр цілей - від груп противника до легких укриттів і техніки на ближніх та середніх дистанціях.

Однак технічні обмеження та операційні ризики (наприклад, помітність, стійкість до протидії і логістичні потреби) формують межі їхнього застосування тому їх застосування вимагає врахування співвідношення ефективності та ризику, координації

з іншими підрозділами (силами) і забезпечення захисту каналів управління.

Завдяки поєднанню високої маневреності, підвищеної вантажопідйомності та розширених сенсорних можливостей БпЛА другого класу є важливим і гнучким інструментом, ефективним в умовах сучасного поля бою.

ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ СИСТЕМ “DEEP STRIKE”

С.О. Богославець, к.т.н., с.н.с.;

П.М. Стешенко, к.т.н., ст.досл.

Державний науково-дослідний інститут авіації

Одним із способів реалізації сучасної Стратегії воєнної безпеки України є здійснення силами оборони повітряних ударів по стратегічним об'єктам в глибокому тилу противника із застосуванням безпілотних авіаційних систем (БпАС) “Deep Strike”. Тому серійне виробництво такої техніки вітчизняними підприємствами у десятки разів щороку: у 2023 році виробництво зросло у 11 разів порівняно з 2022 роком, а наступного року вже у більш ніж 20 разів. Натепер в Україні локалізовано вже понад 50% основних складників БпАС “Deep Strike” та щомісяця збільшується відсоток їх складників від державних і приватних виробників.

За результатами досліджень результатів застосування БпАС “Deep Strike” науковцями та іншими заінтересованими фахівцями визначено і здійснюються заходи із забезпечення ефективного розвитку цієї техніки за такими напрямками: постійне вивчення досвіду бойового застосування як силами оборони України так і противником; покращення тактико-технічних характеристик (показників); удосконалення тактичних прийомів застосування і процесів підготовки бойових завдань; покращення засобів підготовки особового складу та рівня навченості; масштабування виробництва, стандартизація та

уніфікація; науково-технічне супроводження зазначених вище заходів.

Також військовими науковцями на цей час розробляється науково-методичний апарат прогнозування розвитку ударних БпАС, що дозволить якісно формувати оперативно-тактичні вимоги і тактико-технічні завдання на створення і модернізацію ударних БпАС різних класів, зокрема і “Deep Strike”.

ОРГАНІЗАЦІЙНІ ТА ТЕХНІЧНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ СИСТЕМ

П.М. Стешенко, к.т.н., ст.досл.;

С.О. Богославець, к.т.н., с.н.с.

Державний науково-дослідний інститут авіації

Найпоширенішими у силах оборони України безпілотними авіаційними системи (БпАС) є тактичні БпАС класу I, зокрема “міні” та “малі” літакового і мультикоптерного типу. Масоване застосування недорогих БпАС класу I дозволяє уражати рухомі та стаціонарні цілі на відстанях до 50 км, зменшуючи навантаження на артилерію й підвищуючи ефективність дій за відносно низьких економічних витрат. Класи II, III застосовують, як правило, для повітряних ударів в оперативній і стратегічній глибині. При цьому найрезультативнішими є комбіновані операції, що поєднують спостереження розвідувальними БпАС та синхронізовані з ними дії ударних БпАС. Тут важливим є сумісність дій операторів цих БпАС, скритність радіоканалів зв'язку, організація логістики, а також оперативність та якість спільного планування операцій.

З точки зору технічних показників БпАС і технологій, як показують результати досліджень досвіду їх бойового застосування, важливими є такі напрямки розвитку:

забезпечення стійкості керування і навігації до дії засобів РЕБ (кодування радіоканалів, використання антен типу CRPA,

оптоволоконних кабелів, машинного зору, екстремально-кореляційних систем навігації на різних фізичних принципах);

створення автономних систем виявлення, розпізнавання, захоплення цілей та наведення на них.

Також дуже важливим питанням на найближчу перспективу є стандартизація та уніфікація БпАС з метою масштабування і здешевлення виробництва сучасних й ефективних БпАС вітчизняними підприємствами у кооперації з іноземними партнерами.

КООРДИНАЦІЯ eVTOL-БпЛА В УМОВАХ СУЧАСНОЇ ЗБРОЙНОЇ БОРОТЬБИ НА ОСНОВІ ГІБРИДНОГО АЛГОРИТМУ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Д.М. Крицький, к.т.н., доцент; А.К. Овчинникова

Національний аерокосмічний університет

“Харківський авіаційний інститут”

У сучасних умовах ведення бойових дій та охорони критичної інфраструктури автономні рої eVTOL-дронів стають ключовим елементом моніторингу, розвідки та реагування на загрози. Для забезпечення стійкої та адаптивної координації дронів запропоновано гібридний алгоритм, який поєднує локальну поведінку Void та стратегічне навчання QMIX.

Void-модель відповідає за локальні взаємодії рою: уникнення зіткнень, підтримку згуртованості та вирівнювання швидкостей, що гарантує природний та стабільний рух навіть у складному середовищі. QMIX забезпечує стратегічний рівень керування: формує оптимальні колективні дії рою, адаптує ролі агентів, мінімізує енергетичні витрати та забезпечує стійкість у децентралізованому виконанні через принцип CTDE (Centralized Training – Decentralized Execution).

Кожен дрон оцінює корисність власних дій через локальну Q-функцію, а глобальна стратегія рою формується за допомогою mixing network QMIX із обмеженням монотонності, що дозволяє

уникати конфліктів між локальними та глобальними цілями. При цьому правила Boid (Separation, Cohesion, Alignment, Avoidance) гарантують безпечний та скоординований рух рою. Функція винагороди поєднує аспекти безпеки, синхронності та енергоефективності, що дозволяє рою адаптивно реагувати на аварійні та бойові ситуації.

АНАЛІЗ ПРОБЛЕМНИХ АСПЕКТІВ ЗАСТОСУВАННЯ БПЛА-ПЕРЕХОПЛЮВАЧІВ В УМОВАХ АКТИВНОЇ ПРОТИДІЇ ПРОТИВНИКА

*І.М. Тупиця, д.філос.; Н.В. Губський; М.І. Вітрук
Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Досвід російсько-української війни свідчить про активне застосування противником безпілотних авіаційних систем. В свою чергу, дефіцит боєприпасів до зенітно-ракетних комплексів та систем протиповітряної оборони Сил оборони України, їх висока вартість у порівнянні з засобами повітряного нападу противника призвели до суттєвої трансформації системи протидії. В зв'язку з чим зросла роль безпілотних авіаційних комплексів (систем) з БПЛА-перехоплювачами.

Проте основними проблемними аспектами застосування БПЛА-перехоплювачів в умовах ведення бойових дій на території України є наступні: відсутність уніфікованої бойової частини, тобто застосування підрозділами Сил оборони України широкого різноманіття БПЛА з різними типами засобів ураження; активна протидія противника у напрямку трансформації цільового споряддя, форм та способів застосування розвідувальних та ударних БПЛА; залежність ефективності застосування (знищення повітряних цілей) від професійних здібностей екіпажу безпілотного авіаційного комплексу.

Враховуючи вищезазначені проблемні аспекти пропонується дослідити можливість підвищення ефективності застосування

БПЛА-перехоплювачів шляхом інтеграції в процес наведення технологій комп'ютерного зору та машинного навчання.

ІНТЕГРАЦІЯ БПЛА У СИСТЕМИ ЗВ'ЯЗКУ ТА РОЗВІДКИ

В.О. Пешков; А.П. Тамбовцев

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Сучасні безпілотні літальні апарати (БПЛА) відіграють важливу функцію у забезпеченні інформаційної переваги на ключових позиціях бойових дій та в системах цивільного моніторингу. Їх інтеграція у єдині системи зв'язку та розвідки дає змогу підвищити ефективність збору, обробки й передачі даних у реальному часі.

Основною метою інтеграції БПЛА у системи зв'язку є створення мобільних вузлів мережі зв'язку, здатних передавати розвідувальну інформацію безпосередньо до командних пунктів або літальних апаратів пітримки.

Використання безпілотників як елементів мережі зв'язку забезпечує розширення зони покриття, зниження затримок передачі сигналів і підвищення стійкості системи до пошкоджень або перешкод.

У розвідувальних комплексах БПЛА виконують функції спостереження, виявлення цілей, визначення їх координат і передачі відео та радіоінформації. Інтеграція з системами зв'язку дозволить здійснювати автоматичну маршрутизацію даних, їх попередню обробку на борту, а також узгодження дій між різними типами об'єктів — повітряними, наземними та морськими.

Проведені прикладні дослідження підтверджують, що інтеграція БПЛА у системи зв'язку та розвідки підвищує оперативність прийняття рішень і точність оцінювання обстановки. Подальшими напрямками етапу досліджень є проведення емпіричної оцінки можливостей застосування БПЛА

для оптимізації обміну даними та підвищення рівня автономності представлених систем.

ПИТАННЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ОЗБРОЄННЯ БПЛА ТИПУ UJ-22 AIRBORNE

*О.Ю. Юрковська; А.В. Даценко; І.В. Юрковський
Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

В ході відбиття російської агресії проти України розпочалась нова ера масового застосування безпілотних літальних апаратів (БПЛА) різного цільового призначення. Особливо актуальним, наразі, стало питання знищення критично важливої військово-економічної інфраструктури глибоко в тилу противника.

Український БПЛА типу “UJ-22 Airborne” є багатоцільовим безпілотним комплексом виробництва українського підприємства “УкрДжет”. Він здатен нести некеровані боеприпаси для ураження живої сили, бронетехніки та наземних об’єктів. Даний БПЛА має корисне навантаження до 20 кг (або 4 боеприпаси по 4 кг).

Для покращення його бойової ефективності можна запропонувати розробку малих керованих боеприпасів вагою до 5 кг з лазерною або інфрачервоною (ІЧ) головкою самонаведення (ГСН). Саме ІЧГСН може мати вищий пріоритет, оскільки вона є пасивною та не потребує втручання з боку пілота чи БПЛА після пуску боеприпаса. Якщо ІЧ ГСН будувати як мультиспектральний тепловізор, то це значно розширюватиме можливості ГСН стосовно ідентифікації як наземних цілей на насиченому тепловому фоні поля бою, так і повітряних цілей, яким властиві малі теплові сигнатури власного випромінювання.

Прикладами застосування подібного підходу іноземними виробниками можуть слугувати: Spike Firefly (mini-loitering munition), що використовує електронно-оптичну та тепловізійну систему виявлення; Dynetics Small Glide Munition – тепловізійний сенсор; Turkish “MAM-C” – є варіанти з тепловізійним каналом.

ПЕРСПЕКТИВНІ СПОСОБИ ЗАСТОСУВАННЯ БПЛА ПІД ЧАС ВЕДЕННЯ БОЙОВИХ ДІЙ

О.В. Степаненко

Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії

Досвід війни в Україні та інших збройних конфліктів останніх років свідчить про те, що велика кількість завдань у сучасних бойових умовах виконується з використанням безпілотних авіаційних комплексів (БпАК). У зв'язку з цим більшість провідних країн світу, таких як США, Китай і країни НАТО, приділяють значну увагу цим засобам збройної боротьби. Найбільшу ефективність БпАК показують при веденні повітряної розвідки. Розвідувальні безпілотні літальні апарати (БПЛА) здійснюють моніторинг пусків ракет та ураження цілей артилерією. Наразі управління БПЛА здійснюється за схемою “один оператор – один БПЛА”. Через розширення переліку завдань і технічних обмежень, які накладаються на сучасні БПЛА, така схема стає все менш ефективною. Для забезпечення бойових дій необхідна більша кількість БПЛА, і, як наслідок, виникає необхідність переходу до схеми “один оператор – багато БПЛА”, а у разі використання різномірної групи багатофункціональних БПЛА – “кілька операторів – багато БПЛА”. Зі збільшенням площі району розвідки цілевказування і управління ураженням противника з необхідною ефективністю і надійністю можуть здійснюватися тільки декількома БПЛА, що, в свою чергу, вимагає пошуку нових і вдосконалення існуючих способів групового управління БПЛА. Найвідоміші проекти США – Gremlins, CARACAS і LOCUST, Китаю – WARM.

Аналіз зазначених проєктів вказує на те, що сучасний етап розвитку групового управління БПЛА передбачає необхідність розроблення та застосування інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень для підвищення ефективності виконання бойових і спеціальних завдань, спрямованих на зниження інформаційного тиску на оператора.

СПОСОБИ ТА ТАКТИЧНІ ПРИЙОМИ ВИКОРИСТАННЯ БпАК АРТИЛЕРІЄЮ В УМОВАХ СУЧАСНОГО ЗБРОЙНОГО ПРОТИСТОЯННЯ

А.П. П'янтківський

Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії

Розвиток оперативно-тактичних і стратегічних БпАК істотно вплинув на доктрину застосування артилерії. Інтеграція БпАК у вогневі системи скорочує цикл “виявлення – корекція – ураження”, підвищує ситуаційну обізнаність і оперативність прийняття рішень, але водночас висуває нові вимоги до організації, підготовки, матеріально-технічного забезпечення й захисту підрозділів.

У взаємодії з артилерією БпАК виконують низку доповнювальних функцій: розвідка (ISR), спостереження й корекція вогню, цілевказівка для високоточних засобів ураження, електронна розвідка/SIGINT та логістично-технічна підтримка. Кожна роль визначає специфічні вимоги до типу платформи, режимів роботи, каналів передачі даних і стандартів сумісності з артсистемами.

Базові концептуальні підходи включають: модель “sensor-to-shooter”, модульність і ступені інтеграції, резервування каналів та багаторівневе дублювання зв'язку, а також різні масштаби застосування — від тактичного до оперативно-тактичного. Вони формують нормативи, штатні структури роти/батареї й алгоритми взаємодії в КП.

Підготовка персоналу має бути комплексною: експлуатація БпАК, інтерпретація ISR-даних, процедурна інтеграція в цикл управління вогнем, а також навчання з протидії кіберзагрозам і РЕБ. Рекомендовано розглядати розвиток БпАК як складову системної модернізації артилерії.

**ОСНОВНІ НАПРЯМКИ БОРОТЬБИ З БПЛА ЗА
ДОСВІДОМ РОСІЙСЬКО-УКРАЇНСЬКОЇ ВІЙНИ**

Н.М. Гузик, к.ф.-м.н., доц. Х.І. Ліщинська, к.т.н., доц.

Н.Б. Сокульська, к.ф.-м.н., доц.

Національна академія сухопутних військ

ім. гетьмана Петра Сагайдачного

Повномасштабна війна на території України показала, що БПЛА стали одним із вирішальних інструментів сучасного бою. Вони використовуються для ведення розвідки, коригування вогневих ударів, ураження техніки й військовослужбовців, а також для створення додаткового психологічного тиску на підрозділи. У відповідь на такі загрози українські сили оборони вибудували комплексну систему протидії, що охоплює технічні, тактичні, організаційні та аналітичні заходи. При цьому найбільш суттєвий розвиток отримав саме інженерний напрям боротьби з безпілотниками. Широке використання противником FPV-дронів зумовило необхідність створення нових типів інженерного захисту. Українські підрозділи почали закривати позиції, бліндажі, техніку та пункти управління антидроновими сітками різної будови. Такі сітки розміщують над окопами, бойовими машинами, спостережними пунктами та районами розташування особового складу. Науковці працюють над створенням удосконалених тунельних конструкцій із сіток, які забезпечують безпечне переміщення особового складу й техніки на ділянках, що перебувають під загрозою атаки БПЛА, розробляють багаторівневі конструкції, здатні ефективно затримувати як малогабаритні розвідувальні дрони, так і ударні апарати-камікадзе. Досвід українсько-російської війни демонструє, що ефективна протидія сучасним БПЛА можлива лише при поєднанні різних заходів, що дозволяє підтримувати боєздатність підрозділів навіть за умов високого рівня загрози на сучасному полі бою.

СУМІСНЕ ЗАСТОСУВАННЯ УГРУПОВАНЬ УДАРНИХ БПЛА ТА ПІЛОТОВАНОЇ АВІАЦІЇ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

А.П. Корнієнко, к.т.н, с.н.с.; Ю.В. Скорий, канд. техн. наук;

Р.В. Лященко

Харківський національний університет Повітряних Сил

ім. Івана Кожедуба

Найбільш дієвим способом сумісного застосування угруповань ударних БПЛА та пілотованої авіації (ПА) є одночасні масовані авіаційні удари (МАУ) по наземним (надводним) об'єктам противника в заданому районі. До переваг даного способу відносяться: мала помітність та постійна присутність БПЛА в зоні бойових дій, їх відносна низька вартість у поєднанні з високою бойовою потужністю пілотованих літаків.

Сумісне виконання поставлених бойових завдань потребує створення змішаних тактичних груп з управлінням їх діями або з борта одного з літаків, або з наземного пункту управління (ПУ). Організація і здійснення одночасних МАУ угрупованнями ударних БПЛА та ПА по об'єктам противника потребують вирішення ряду складних оптимізаційних оперативно-тактичних завдань як на наземному ПУ, так і на борту БПЛА та ПА. Тому спеціальне програмне забезпечення (СПЗ) БПЛА, пілотованих літаків та наземних ПУ доцільно розробляти з використанням технологій штучного інтелекту (ШІ).

Застосування технологій ШІ для вирішення тактичних завдань на основних етапах бойового польоту повинне забезпечити надійність управління угруповань ударних БПЛА та ПА за рахунок своєчасного обміну інформацією та вогневої взаємодії в об'єднаній групі. До найбільш важливих груп завдань організації та виконання МАУ, які підлягають реалізації в СПЗ БПЛА, ПА та наземних ПУ з використанням ШІ, слід віднести:

- оцінювання повітряної обстановки, зовнішніх і внутрішніх загроз для угруповань ударних БПЛА та ПА в польоті (ситуаційна обізнаність);
- повітряну навігацію угруповання за складними просторово-часовими траєкторіями;

- подолання ППО противника;
- виявлення, ідентифікація та ураження заданих цілей;
- забезпечення безпеки групових дій угруповання в обмеженому повітряному просторі;
- вихід екіпажів ПА і груп БпЛА з бою та створення бойового порядку для польоту по зворотньому маршруту.

При розробці бортового СПЗ для БпЛА та ПА в основу безпеки групових дій повинні бути закладені наступні пріоритети:

перший (головний) – необхідність досягнення потрібної ефективності ураження заданих цілей;

другий – мінімізація ймовірності ураження ЛА засобами ППО противника;

третій – надійність безпечного виходу з конфліктної ситуації при виявленні загрози небезпечного зближення ЛА, або попадання їх в зони розльоту осколків.

Ефективність сумісного застосування угруповань ударних БпЛА та ПА буде в значній мірі залежати від якості бортового СПЗ та наземних ПУ, грамотного вибору об'єктів ураження та умов бойової обстановки. Включення до складу СПЗ БпЛА, ПА та наземних ПУ запропонованих оптимізаційних оперативно-тактичних завдань і комп'ютерних програм, що розроблюються з використанням технології ШІ, дозволить значно підвищити бойові спроможності угруповань пілотованої і безпілотної авіації з вирішення всього спектру бойових і спеціальних завдань як автономно, так і при їх сумісному застосуванні.

СВІТОВІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ ЗІ СКЛАДУ РОЗВІДУВАЛЬНО-УДАРНИХ КОМПЛЕКСІВ

*В.М. Пасічник, к.військ.н.; М.О. Слюсаренко, к.т.н., старший
дослідник; С.Б. Попков*

Центральний науково-дослідний інститут ЗС України

Сучасні війни та збройні конфлікти демонструють зростаючу роль безпілотних авіаційних комплексів (БпАК) у забезпеченні інформаційної переваги, високоточного ураження цілей та

підвищенні ефективності управління військовими операціями. Розвиток розвідувально-ударних комплексів (РУК), до складу яких входять БпАК різних класів, став одним із ключових напрямів удосконалення збройних сил провідних держав світу. Світові тенденції у цій сфері характеризуються переходом від окремих зразків безпілотних систем до інтегрованих мережево-центричних платформ, здатних діяти у взаємодії з пілотованими літаками, наземними та космічними засобами розвідки.

Особливу увагу приділено підвищенню автономності, живучості та інтелектуалізації БпАК, застосуванню штучного інтелекту для управління польотом, розпізнавання цілей і планування ударів. Аналіз цих тенденцій має важливе значення для формування напрямів розвитку національних систем озброєння, адаптованих до сучасних умов ведення бойових дій.

Подальші науково-технічні розробки мають фокусуватися не лише на окремих платформах, а й на архітектурі мережі, алгоритмах координації та засобах забезпечення зв'язку й захисту від радіо-електронної боротьби (РЕБ). Такий підхід дозволить створити ефективні РУК оперативного (оперативно-стратегічного) рівня, адаптовані до сучасних та перспективних сценаріїв застосування.

СВІТОВІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗРОБЛЕННЯ РОЗВІДУВАЛЬНО-УДАРНИХ КОМПЛЕКСІВ ОПЕРАТИВНО-СТРАТЕГІЧНОГО РІВНЯ НА ОСНОВІ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Д. О. Соломатін, к.військ.н., с.н.с.;

А. А. Седляр, к.військ.н., с.н.с.; О. І. Луцевят

Центральний науково-дослідний інститут ЗС України

За результатами аналізу перспектив розвитку безпілотної авіації збройних сил провідних країн світу визначено, що основними світовими тенденціями розроблення розвідувально-ударних комплексів (РУК), що створюються на основі (БпЛА), є:

- забезпечення можливості одночасного управління з наземного пункту управління РУК декількома розвідувально-ударними безпілотними авіаційними комплексами (БпАК);
- включення до складу РУК “БпЛА-маток”, що є носіями ударних БпЛА меншого розміру (разового або багаторазового застосування);
- підвищення можливостей щодо високоточного вогневого ураження стаціонарних і рухомих цілей у найкоротший термін у межах визначеного району відповідальності РУК за будь-яких умов метеорологічної обстановки і часу доби.

Загалом за напрямом розроблення розвідувально-ударних комплексів ключовими є тенденції до створення багатофункціональних роїв БпЛА, інтегрованих у РУК оперативного та оперативно-стратегічного рівня з можливістю одночасного управління групами апаратів, автоматичного перерозподілу завдань, передачі даних в реальному масштабі часу та використання БпЛА-ретрансляторів. Акцент робиться на розробленні та застосуванні автономних систем керування, модульної архітектури та енергетично ефективних рішень.

БЕЗПІЛОТНИЙ ЛІТАЛЬНИЙ АПАРАТ ЯК СКЛADOVA КОНЦЕПЦІЇ ВІРНОГО ВЕДЕНОГО ДЛЯ СУМІСНОГО ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПІЛОТНОЇ ТА ПІЛОТОВАНОЇ АВІАЦІЇ

А.П. Бабич, к.військ.н., доцент¹;

Р.В. Лященко¹; Ю.О. Мусієнко²

*¹Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба;*

²Командування Повітряних Сил Збройних Сил України

Вже протягом тривалого часу провідні авіаційні фахівці таких країн як США, КНР, Туреччини, Південної Кореї, Індії, російської федерації та провідних країн Європи працюють над створенням безпілотних літальних апаратів (БпЛА), які б були здатні діяти в сумісних операціях з пілотованою авіацією. Для

позначення таких БпЛА й концепції їх застосування було введено термін “Loyal Wingman”, тобто вірний ведений. Вважається, що такі БпЛА матимуть високу автономність дій в умовах протидії ворожих засобів протиповітряної оборони (ППО) і авіації та матимуть здатність взаємодіяти з перспективними пілотованими літаками на кшталт винищувачів 5-го та 6-го покоління, роботи над яким ведуться паралельно з розробкою БпЛА-вірних ведених. Головною відміною від інших БпЛА є обов’язкова наявність на борту ведених БпЛА елементів штучного інтелекту. III веденого БпЛА здатний самостійно приймати рішення, в тому числі й на застосування засобів ураження.

До появи концепції вірного відомого призвели підвищення ефективності засобів ППО та значне підвищення вартості як пілотованих літаків, так і підтримання їх життєвого циклу включно з підготовкою персоналу. Концепція застосування ведених БпЛА призвана зменшити витрати на підготовку льотчиків пілотованих літаків та наростити кількість тактичної авіації.

На сьогодні жодна країна світу не має на озброєнні таких БпЛА, однак процес розвитку даної концепції дозволяє зробити певні висновки, головним з яких є визнання факту, що головним фактором успіху концепції є не БпЛА як об’єкт, а саме технології та алгоритми роботи його III.

Основними бойовими завданнями ведених БпЛА при сумісному застосуванні з пілотованою авіацією є:

- виконання розвідувальних функцій;
- виявлення і ураження засобів ППО противника, протидія його засобам радіоелектронної боротьби;
- ураження високоточною зброєю наземних (надводних) цілей в тактичній та оперативно-тактичній глибині.

В доповіді на основі наявних у вільному доступі матеріалів подаються результати останніх розробок БпЛА з високим ступенем автономності, призначених для сумісних дій з пілотованими (опціонально-пілотованими) винищувачами.

Прикладами таких розробок є БпЛА, виготовлені за програмою ВПС США “Скайборг” - це БпЛА ХQ-58А, MQ-20, MQ-28А. За час випробувань вказані БпЛА продемонстрували здатність надійно діяти з веденими – пілотованими літаками навіть при імітації втрати зв'язку з наземною станцією управління та ефективно виконували завдання з патрулювання повітряного простору, ураження наземних цілей та продемонстрували можливість ведення повітряних боїв проти пілотованих літаків.

Метою програми “Скайборг” є відпрацювання саме концепції бойового застосування БпЛА в якості вірного веденого. Практична реалізація концепції покладена на іншу програму ВПС США – ССА (Collaborative Combat Aircraft), що в свою чергу є складовою розробки БпЛА програми NGAD зі створення винищувача 6-го покоління. Програма має найвищий ступінь секретності. Станом на сьогодні БпЛА програми ССА не обраний, але наймовірніше ним стане переможець програми “Скайборг”.

ПРОБЛЕМИ ПОВІТРЯНОЇ РОЗВІДКИ НАДВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ У ВІДКРИТОМУ МОРІ

*А.П. Бабич, к.військ.н., доцент; А.Л. Байба; Р.В. Вовк
Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Сучасна повітряна розвідка надводних об'єктів у відкритому морі стикається з низкою ключових проблем, що обумовлені специфікою морської акваторії. Близько 50% операцій з виконання повітряної розвідки за допомогою БпАК Bayraktar TB-2 виконуються над морською поверхнею.

Особливостями таких цілей у відкритому морі як надводні кораблі є: їх оснащення багаторівневими зенітно-ракетними та зенітно-артилерійськими комплексами, що є великим ризиком для повітряних розвідників; мають високу мобільність і здатні швидко змінювати дислокацію у величезних акваторіях, що

ускладнює їх тривале стеження та вимагає від засобів розвідки великої дальності дії, автономності.

Відсутність природних орієнтирів значно ускладнює орієнтування, точне визначення координат цілі та підвищує вимоги до якості навігаційного обладнання БпЛА.

Хвилювання моря, відблиски сонця, туман та хмарність можуть суттєво погіршити ефективність оптико-електронних та інфрачервоних систем спостереження.

На відміну від стаціонарних об'єктів на суші, ідентифікація типу корабля, його належності та навігаційного курсу у відкритому морі є складною задачею.

Подолання цих проблем вимагає комплексного підходу, що включає застосування спеціалізованих БпЛА з великою тривалістю польоту, розвиненими засобами повітряної розвідки та стійкими каналами зв'язку, а також вдосконалення тактики їх застосування шляхом інтеграції в єдині розвідувально-ударні контури.

Для вирішення цих проблем доцільними будуть наступні способи повітряної розвідки: розвідка за квадратом, що розширюється та розвідка за квадратом, що розширюється, з кутом 45° . Це забезпечить систематичне та рівномірне охоплення заданого району, але вимагає високої точності навігації. Зміна курсу відрізків маршруту на 45° при повторних пошуках дозволяє підвищити ймовірність виявлення цілі.

МЕТОДИКА ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ І ВИКОНАННЯ СПІЛЬНИХ БОЙОВИХ ЗАВДАНЬ ЗМІШАНИМИ ТАКТИЧНИМИ ГРУПАМИ ПЛОТОВАНОЇ ТА БЕЗПІЛОТНОЇ АВІАЦІЇ

А.П. Бабич к.війск.н., доц.; Н.А. Богун

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Сучасні збройні конфлікти демонструють максимальну ефективність в бойових діях спільне застосування тактичних

груп пілотованої та безпілотної авіації. Поєднання їхніх можливостей дозволяє компенсувати слабкі сторони кожного компонента та створювати єдиний ударний потенціал, здатний протидіяти розвиненим системам ППО противника.

Методика оцінки ефективності таких груп базується на визначенні бойового потенціалу угруповання та ступеня його збереження під час виконання бойових завдань. Основним критерієм є співвідношення початкових і збережених можливостей після бойового зіткнення, що дозволяє робити об'єктивні висновки щодо доцільності складу та структури групи.

Пілотовані літаки у змішаних групах виконують дії з високим ступенем загрози, пов'язані з проривом ППО противника та нанесенням високоточних ударів по оперативно важливих об'єктах. БпЛА забезпечують постійну розвідку, корегування ударів, навантаження ППО, створення радіоелектронного тиску та відволікання засобів противника. Масоване застосування БпЛА формує комплексну оперативну обстановку на напрямку дій, необхідну для успішних дій пілотованої авіації.

У російсько-українській війні саме інтеграція БпЛА з пілотованою авіацією забезпечила підвищення точності вогневих дій, ефективне корегування артилерії та системне ураження техніки противника.

Таким чином, методика оцінки ефективності змішаних тактичних груп дозволяє формувати оптимальне угруповання, підвищувати його стійкість і забезпечувати перевагу в повітрі навіть за активної протидії противника.

РОЗРОБКА ТАКТИЧНИХ ПРИЙОМІВ ДІЙ ЕКІПАЖІВ БпЛА-ПЕРЕХОПЛЮВАЧІВ ПРИ ВИКОНАННІ ЗАВДАНЬ З ПРОТИДІЇ БпЛА ПРОТИВНИКА

*А.П. Бабич к.війск.н., доц.; О.А.Гнатенко
Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Сучасні збройні конфлікти демонструють широке використання противником оперативно-тактичних та розвідувальних БпЛА, тому існує висока необхідність у систематичній протидії цим засобам. БпЛА-перехоплювачі призначені для боротьби БпЛА противника різних класів і категорій, вони є перспективним рішенням, яке дозволяє більш гнучко реагувати на загрозу в повітрі.

Застосування БпЛА-перехоплювачів по повітряним цілям вимагає вирішень питань з приводу швидкого реагування на появу ворожих БпЛА в повітряному просторі. Основною проблемою при перехопленні повітряної цілі є складність виявлення та наведення на неї, що є причиною складності виконання завдань БпЛА-перехоплювачами.

Враховуючи досвід бойових дій важливими заходами щодо підвищення ефективності ураження БпЛА противника є використання штучного інтелекту (ШІ) для виявлення та захоплення БпЛА-перехоплювачем цілі та включення в його автопілот систем автоматичного тактичного маневрування безпосередньо перед ураженням повітряної цілі.

ВИЗНАЧЕННЯ І ОБҐРУНТУВАННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ НАПРЯМКІВ РОЗВИТКУ ТАКТИКИ ЗАСТОСУВАННЯ УДАРНИХ БпЛА РАЗОВОГО ВИКОРИСТАННЯ ТИПУ АН-196 (DEEPSTRIKE) ДЛЯ ЗНИЩЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ПРОТИВНИКА НА ЙОГО ТЕРИТОРІЇ

А.П. Бабич, к.військ.н., І.Д. Себко

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Сучасні бойові дії характеризуються посиленням ролі безпілотних систем разового використання. Проте бойовий потенціал цих засобів ураження не може бути ефективно реалізований без розвитку тактики їхнього застосування. Спираючись на досвід застосування подібних ударних комплексів противника типу Shahed визначено і обґрунтовано що

перспективними напрямками розвитку тактики застосування ударних БпЛА типу АН-196 є наступні:

- тактика групового застосування;
- тактика інтеграції в розвідувально-ударні комплекси;
- тактика комбінованих ударів;
- тактика адаптивного планування та автономності

Для визначення оптимальної тактики застосування необхідно враховувати наступні умови:

- перспективними об'єктами застосування є високозахищені, стаціонарні та мобільні цілі на значній відстані.
- здатність АН-196 подолати сучасну протиповітряну оборону противника завдяки малій ефективній площі розсіювання та можливості застосовувати складні маршрути польоту.
- економічна доцільність у порівнянні з крилатими ракетами при завданні ударів по цілях .

Питання вибору тактики можуть активізовуватись в ході удосконалення експлуатаційно – бойових характеристик БпАК разового використання Ан-196.

РОЛЬ БпЛА В МЕРЕЖЕВОЦЕНТРИЧНІЙ ВІЙНІ

*Д.О. Пишеничников, к.т.н., доцент; А.В. Педько; А.Л. Сушко
Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Мережевоцентрична війна (МЦВ) – це концепція ведення бойових дій, у якій ключовим фактором переваги є швидкість збору, обробки, розподілу та використання інформації та всі її елементи інтегровані в єдину мережу. БпЛА займають центральне місце в цій мережі, виконуючи розвідувальні, ударні та керуючі функції.

Розвідувальні БпЛА забезпечують постійний, багатоформатний збір даних оптичної, інфрачервоної, радіотехнічної розвідки та оцінку результатів бойового застосування ударних засобів.

Керуючі функції БпЛА: цілевказання й коригування вогню в реальному часі; підвищення ситуаційної поінформованості; ретрансляція зв'язку; функція вузла мережі передачі даних. Це критично важливо для великої території чи складного рельєфу.

Ударні БпЛА отримують цілевказання від інших інформаційних систем або вищого командування, діють автономно або напівавтономно.

У сучасній МЦВ БпЛА можуть використовувати штучний інтелект (ШІ) для аналізу відео в реальному часі, автономної навігації за допомогою інерціальних систем і комплексної обробки навігаційної інформації, автоматичної ідентифікації об'єктів. ШІ пришвидшує цикл "виявлення–рішення–удар", який є фундаментом мережевоцентричної стратегії.

Рійні технології дозволяють використовувати БпЛА як розподілений масив датчиків, ускладнюють роботу ППО, покривають великі площі і виконують колективні задачі.

БпЛА є найважливішим елементом бойової системи, що поєднує датчики, засоби керування, зв'язку й ураження в єдину інформаційну систему, забезпечуючи швидкість, точність, гнучкість, керування й інформаційну перевагу.

ПОГЛЯДИ НА ЗАСАДИ ТАКТИКИ ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ СИСТЕМ ПОВІТРЯНИХ СИЛ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

В.М. Петров, к.військ.н.; В.Ф. Третяк, к.т.н., доцент;

А.Ф. Кудрявцев; О.М. Марченко

Харківський національний університет Повітряних Сил

ім. Івана Кожедуба

Протидія противника під час нанесення ударів по об'єктах в оперативній та стратегічній глибині його території змушує до пошуку нових способів виконання завдань, які можуть підвищити ефективність дій безпілотних авіаційних систем (БпАС). Одним із таких способів є застосування однорідних або неоднорідних (змішаних) груп безпілотних літальних апаратів

(БпЛА) зі складу одного або різних безпілотних авіаційних комплексів (БпАК). В доповіді запропоновані напрями розроблення засад тактики застосування таких груп при нанесенні ударів по об'єктах противника. Акцентовано, що під час планування бойових дій частин та підрозділів БпАС особливу увагу слід приділяти вибору способу бойових дій та розробленню тактичних прийомів дій груп БпЛА на різних етапах бойового польоту. Підкреслено, якщо спосіб бойових дій може вибиратися як доцільний варіант із запропонованих, то тактичні прийоми дій повинні розроблятися шляхом моделювання з використанням відповідних критеріїв ефективності для даного етапу бойового польоту з урахуванням різних чинників. Особливо ретельно слід підходити до розроблення тактичних прийомів нанесення групових ударів. Як варіанти, у доповіді запропоновані різні сполучення способів бойових дій та тактичних прийомів нанесення удару по об'єктах противника.

Відмічено, що групове застосування БпАС при виконанні бойових завдань вимагає проведення подальших теоретичних досліджень відносно забезпечення безпеки виконання польотів груп БпЛА, запобігання їх зіткнень між собою, із землею (водною) поверхнею та перешкодами на неї, а також виключенню влучень в уламки своїх АЗУ, що розірвалися.

РОЗВИТОК І ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ – ІМІТАТОРІВ ПОВІТРЯНИХ ЦІЛЕЙ

Т.Г. Потягач¹ О.М. Одосій¹, О.В. Коробецький²

¹ Командування Повітряних Сил Збройних Сил України;

*² Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

З початку повномасштабного вторгнення російської федерації на територію України оборонний комплекс для ефективного ведення збройної боротьби трансформується і стає гнучким. Враховуючи перевагу російської федерації у розмірі території,

населення та військових ресурсів, основною метою збройної боротьби є нанесення максимальних збитків противнику при мінімізації власних. Одним з шляхів досягнення цієї цілі є розробка та створення безпілотних літальних апаратів (БпЛА) – імітаторів повітряних цілей, призначених для викриття та виснаження систем протиповітряної оборони противника, що дає можливість ефективного виконання завдання та запобігання втрат ударних БпЛА. Основними завданнями розвитку і застосування БпЛА – імітаторів повітряних цілей є технологічний реалізм імітації (дозволяє імітувати не тільки наявність цілі, а і повний фізичний та електронний профіль у сучасних бойових умовах), операційна ефективність та економічність (забезпечує можливість масового застосування БпЛА-імітаторів повітряних цілей), автономність та складність поведінки (забезпечує перехід від польоту за заданою траєкторією до динамічної та непередбачуваної поведінки). Одночасний запуск БпЛА-імітаторів повітряних цілей з ударними БпЛА є ключовою тактичною перевагою в сучасній війні. Ця стратегія створює синергетичний ефект, де кожен тип апарату підсилює ефективність іншого. Основні переваги такого одночасного застосування зводяться до перевантаження, дезорієнтації та виснаження ворожої системи протиповітряної оборони та радіоелектронної боротьби.

БАГАТОРІВНЕВА СИСТЕМА БОРОТЬБИ З БЕЗПІЛОТНИМИ ЗАСОБАМИ ПРОТИВНИКА

І.М Олійник, В.Ю. Ляшенко

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Досвід збройної боротьби у повітрі свідчить про зростання масованого застосування БпЛА типу Shahed/Geran та імітаційних цілей, що суттєво ускладнює роботу української ППО. Лише за частину 2025 року використано понад 32 тис. БпЛА, що більш ніж у 2 рази перевищує показники двох попередніх років; при

цьому частка хибних цілей сягає 50%, що призводить до виснаження ресурсів традиційної системи ППО.

Наявні високовартісні засоби ППО (ЗРК західного виробництва) є економічно недоцільними проти масових та дешевих БпЛА, тому актуальним є формування системи їх перехоплення, яка орієнтована на дешеві та технологічно прості рішення (способи) ураження повітряних цілей на різних ешелонах (рубежах) та за різних умов обстановки.

Пропозиції щодо формування багатоступеневої системи:

- нижній ешелон (0–1000 м) – коптерні дрони-перехоплювачі, засоби РЕБ ближньої дії, мобільні групи;

- середній ешелон (1–6 км) – лазерні установки типу “Тризуб”, АРКWS із лазерним цілевказанням, малогабаритні зенітні керовані ракети (установки);

- оперативний ешелон – легкомоторна авіація з радіолокаційними станціями та ракетами класу “повітря-повітря” для розширення районів та умов перехоплення.

Ключовою умовою має бути обов’язкова інтеграція засобів ППО з єдиною мережею ISR (Intelligence, Surveillance, Reconnaissance) та AI-аналізом траєкторій засобів противника.

Оптимальна комбінація зазначених засобів ППО може стати перспективним напрямом підвищення ефективності ППО в умовах масованих атак БпЛА та імітаційних засобів.

ЗАСТОСУВАННЯ ОПТОВОЛОКОННИХ FRV-БпЛА У СУЧАСНИХ БОЙОВИХ ДІЯХ ТА ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЇ

А.О. Дерев’янка

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

У 2024-2025 рр. технологія керування безпілотними літальними апаратами (БпЛА) за допомогою оптоволоконних каналів стала одним із найбільш інноваційних рішень у російсько-українській війні. Оптоволоконний канал базується на

передачі світлового сигналу тонким кабелем від пульта управління до БпЛА, що повністю усуває вплив засобів радіоелектронної боротьби та забезпечує високий рівень стійкості й надійності.

Механізм роботи таких систем ґрунтується на послідовному перетворенні електричного сигналу у світловий і назад у електричний на борту БпЛА. Це забезпечує мінімальну затримку передачі даних і високу якість відеосигналу, а також дозволяє застосовувати апарат у складних умовах. Ключовими недоліками оптоволоконних систем є обмежена дальність польоту, що визначається довжиною кабелю, збільшення маси БпЛА через котушку та систему подачі, а також ламкість оптоволокна при інтенсивних згинаннях. Крім того, кабель може виступати демаскувальним елементом і має обмежений ресурс повторного використання. У зв'язку з цим оптоволоконні FPV-дрони не розглядаються як повна альтернатива радіокерованим системам, а є спеціалізованим інструментом, ефективність якого залежить від конкретних оперативних завдань.

Перспективні напрями подальших досліджень охоплюють удосконалення конструкції оптоволоконних модулів (полегшення кабелю, підвищення гнучкості й міцності), розвиток гібридних систем керування з поєднанням оптоволоконного та радіоканалів, мініатюризацію технологій для легких FPV-платформ, створення алгоритмів автономізації на випадок обриву кабелю, а також моделювання їх застосування у складних тактичних умовах.

УНІФІКАЦІЯ МАЛОРОЗМІРНИХ АВІАЦІЙНИХ БОСПРИПАСІВ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ З БпЛА 1 КЛАСУ

О.С. Баюн

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Сучасна практика застосування безпілотних літальних апаратів першого класу демонструє розрізненість типів, калібрів

та конструкцій використовуваних боєприпасів. Це ускладнює логістику, навчання операторів, обмежуючи масове та ефективне використання безпілотних платформ.

Метою є обґрунтування концепції уніфікації малорозмірних авіаційних боєприпасів для БпЛА 1 класу з метою створення стандартизованого арсеналу, що підвищує ефективність, знижує вартість та спрощує експлуатацію.

Стандартизацію калібрів для забезпечення сумісності різних типів боєприпасів. Стандартизований боєприпас дозволить розбити балістичну таблицю та відкрити можливості для створення прицільних систем для БпЛА 1 класу, що також дозволить спростити підготовку екіпажів.

Уніфікацію балістичних характеристик, що забезпечує спільні алгоритми розрахунку траєкторії.

Стандартизацію підричників для підвищення безпеки та гнучкості застосування.

Уніфікація малорозмірних авіаційних боєприпасів для БпЛА 1 класу дозволить підвищити ефективність, скоротити витрати через масове виробництво стандартизованих компонентів прискорити розробку нових зразків за рахунок модульності. Скороти час на підготовку екіпажів.

ТАКТИЧНІ СХЕМИ ВИКОРИСТАННЯ БпЛА ДЛЯ ЛОГІСТИКИ ТА ЕВАКУАЦІЇ В УМОВАХ БОЙОВИХ ДІЙ

І.В. Кравченко, М.В. Алтухов

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

У роботі наведено аналіз швидкості і безперервності постачання критично важливих вантажів (боєприпаси, медикаменти, обладнання) та своєчасної евакуації поранених (“золота година”), що є ключовими факторами забезпечення боездатності та мінімізації втрат у військах. Традиційні наземні та пілотовані авіаційні логістичні засоби залишаються вразливими до високоточного вогню та засобів радіоелектронної

боротьби (РЕБ) противника, особливо в прифронтовій зоні та на “останній милі” доставки. Метою даного дослідження є розробка та аналіз ефективних тактичних схем застосування безпілотних авіаційних систем (БАС) для вирішення цих логістичних та евакуаційних завдань в умовах інтенсивних бойових дій.

Схема “низький профіль – висока швидкість”. Ця схема передбачає використання середніх вантажних БПЛА, які здійснюють польоти на мінімально можливих висотах (за межами зони дії більшості РЛС, але вище перешкод) та на максимально дозволений швидкості. Це мінімізує час перебування в зоні ураження ППО ближнього радіусу.

Схема “коридорний транзит” з асиметричним прикриттям, застосовується для важких логістичних БПЛА. Політ здійснюється захищеними, заздалегідь визначеними “коридорами”, які тимчасово прикриваються дружніми засобами РЕБ або ударними БПЛА, що виконують функцію придушення ППО противника.

СПОСОБИ БОЙОВИХ ДІЙ ТА ТАКТИЧНІ ПРИЙОМИ ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ – ПЕРЕХОПЛЮВАЧІВ ПРИ УРАЖЕННІ ДРОНІВ ПРОТИВНИКА З ОПТОВОЛОКОННОЮ СИСТЕМОЮ КЕРУВАННЯ

А.П. Бабич, к.військ.н., доцент; О.О. Єрмоменко;

Г.Б. Ейдельштейн

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Особливостями поля бою в російсько – українській війни починаючи з 2024 року стало масове застосування противником ударних дронів з оптоволоконною системою керування, які вперше, на початку літа 2024 року, атакували нашу бронетехніку на Курщині. Адекватно на таку загрозу ЗСУ змогли відповісти тільки на початку 2025 року, коли були кодифіковані і прийняті

на озброєння першої серії БпЛА на оптоволоконним керуванням, а позитивного сальдо щодо відношення кількості оптоволоконних дронів противника до кількості таких дронів в підрозділах ЗСУ на основних ділянках лінії бойового зіткнення вдалося досягти восени 2025 року. Поряд з цим велися активні теоретичні дослідження і практична робота щодо пошуку шляхів боротьби з новою загрозою з повітря.

Проблема боротьби з такими дронами полягає в тому, що вони не вразливі для засобів РЕБ, як основного виду боротьби з FPV-дронами, де для керування використовують радіохвилі. Певні ідеї боротьби з дронами на оптоволоконі з'явилися при дослідженні практики їх застосування, де поряд з позитивами їх стійкості до радіоелектронного ураження отримали прояв негативи, які, в першу чергу, пов'язані з їх конструктивними особливостями.

Встановлення на них , відносно, масивної катушки з оптоволоконном збільшують їх масу і ускладнюють аеродинаміку, що приводить до зменшення їх швидкості, дальності польоту, маневреності і ускладнює керування. Головна проблема керування - це попадання нитки оптоволоконна в пропелери дрона , що приводить до її пориву чи плутанню і відповідно, до втрати керованості. Така ситуація вимагає високого рівня підготовки оператора, що досить складно забезпечити тренувальними польотами тому, що дрон з оптоволоконним управлінням це досить коштовний одноразовий засіб. Певні можливості щодо підвищення ефективності боротьби з дронами на оптоволоконі відкриває детальне вивчення тактики їх застосування. Такі дрони не залежать від радіогоризонту, штучних перешкод та розповсюдження радіохвиль, намагаються виконувати завдання на гранично малих висотах до 2-5 метрів над рівнем поверхні землі, що ускладнює їх виявлення і збільшує ймовірність розпізнавання і ідентифікацію ними об'єкту ураження. В той же час, за такої тактики, вони стають більш вразливими навіть для стрілецької зброї. Поряд з низкою можливостей щодо засобів і способів боротьби з дронами на оптоволоконній системи управління, що відкриваються в результаті аналізу їх

конструктивних особливостей і тактики застосування, важливо визначити найбільш ефективний за критерієм “результат затрати” На сьогоднішні день таким засобом вважаються дрони - перехоплювачі, причому на полі бою, в основному, застосовуються такі ж FPV – дрони на оптоволоконному управлінні, враховуючи складну радіоелектронну обстановку поля бою і не можливість ефективно застосовувати дрони з радіокеруванням. Шлях до визначення дронів – перехоплювачів найбільш ефективним засобом ураження БпЛА противника на оптоволоконній системі керування є віддзеркаленням саме розвиток противником тактики застосування таких засобів повітряного нападу. Вже з початку 2025 року, противнику вдалося організувати масове виробництво дронів на оптоволоконні і перейти від тактики поодиноких польотів для ураження важливих броньованих цілей, до тактики масованих нальотів на окремих ділянках фронту, що, привело до унеможливлення ефективного застосування зенітних ракет підрозділами ППО Сухопутних військ через складності розпізнавання і ідентифікації цілей, браку зенітних ракет і економічної доцільності застосування багатовартісних засобів по таким цілям. Ефективність застосування стрілецької зброї значно знизилась, коли противник ускладнив візуальне виявлення, застосовуючи тактику гранично малих висот в комплексі з спеціальним камуфляжним фарбуванням БпЛА. Спроба застосовувати вертольоти армійської авіації для відбиття масованих нальотів БпЛА з оптоволоконною системою керування, які обладнувалися великокаліберними кулеметами і навіть гарматами, показала комплексний ефект протидії:

за допомогою повітряного потоку від гвинтів вертольоту, який плував оптиковолоконні нитки і буквально, розривав самі БпЛА в результаті вогневого ураження. Проте політ вертольоту на територію поля бою, з потужною системою ППО, вкрай небезпечний і така тактика протидії не отримала розвитку. Поступово почала знижуватись ефективність протидії БпЛА мобільних вогневих груп (МВГ), коли противник застосовував

тактику ударів в темну пору доби, пофарбував БпЛА в чорний колір і обладнав їх спеціальними датчиками, які реагують на світлові промені прожекторів, що поставили на озброєння МВГ, переводять БпЛА в режим активного маневрування, ускладнюючи його вогневе ураження засобами МВГ.

Ефективним засобом реагування на постійні зміни противником тактики застосування БпЛА з оптоволоконною системою керування, удосконалення їх експлуатаційних і бойових характеристик, на сьогоднішній день, вважаються БпЛА – перехоплювачі. В значній мірі, на ефективність застосування БпЛА – перехоплювачів впливають способи бойових дій і тактичні прийоми.

Основними способами бойових дій підрозділів БпАК – перехоплювачів при виконанні завдань ураження безпілотних літальних апаратів противника з оптоволоконною системою керування є: по – одинокий зліт БпЛА з положення чергування в готовності один на визначених позиціях, по команді, з уточненням завдання в повітрі; одночасний зліт всіх БпЛА підрозділу з рідних стартових позицій у визначений час для постановки повітряних заслонів на вказаних напрямках при відбитті масованих нальотів БпЛА противника; дії БпЛА з повітряних платформ по виявленим радіолокаційними засобами повітряних цілей.

Найбільш поширеними тактичними прийомами, які використовують БпЛА – перехоплювачі для ураження БпЛА противника з оптоволоконним управлінням є: безпосередній таран; дистанційний підрив БпЛА перехоплювача і ураження БпЛА противника ударною хвилею та осколками; скиди засобів ураження на БпЛА противника зверху; скиди на траєкторії польоту БпЛА противника спеціальних засобів, які завдають пориви ниткам оптоволоконна. Два крайніх тактичних прийомах вважаються найбільш ефективними, з точки зору, можливості багаторазового застосування БпЛА – перехоплювача.

**ОБҐРУНТУВАННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ СИСТЕМИ
КЕРУВАННЯ АВІАЦІЙНОЮ ЗБРОЄЮ ВЕРТОЛЬОТІВ
МІ-24В, МІ-8МТ ПРИ УРАЖЕННІ ЦІЛЕЙ ТИПУ
“ГЕРАНЬ-2”**

*Б.Б. Головка, к.т.н., доцент; Є.О. Кузнецов; Д.В. Щукін;
Є.О. Бугаренко*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім.
Івана Кожедуба*

Питання відбиття повітряних нальотів безпілотних літальних апаратів (БПЛА) типу “Герань-2” стає все більш актуальним в умовах швидкоплинного розвитку збройної боротьби у зв’язку з стрімким покращенням тактико-технічних характеристик БПЛА типу “Герань-2”. Цей процес має тенденцію щодо ускладнення завдяки адаптації групової тактики бойового застосування БПЛА типу “Герань-2” разом з БПЛА іншого типу.

Для адекватної відповіді щодо вирішення визначеного питання, пропонується удосконалення бойових можливостей комплексів авіаційного озброєння (КАОЗ) вертольотів Армійської Авіації Збройних Сил України, які залучаються для вирішення завдань ураження БПЛА в повітряному просторі держави.

Одним з найперспективніших напрямків щодо ураження БПЛА типу “Герань-2” є удосконалення авіаційних артилерійських установок щодо застосування рухомих автоматичних турелей. Однак процес інтенсивного бойового застосування авіаційних кулеметних установок КАОЗ вертольотів підіймає вирішення задачі вибору оптимальної (раціональної) довжини черги при стрільбі на більш пріоритетний рівень. Вирішення такої актуальної військово-технічної задачі передбачає проведення досліджень щодо обґрунтування режимів роботи системи керування авіаційною зброєю (СКАЗ) вертольотів Мі-24В, Мі-8МТ при ураженні цілей типу “Герань-2”, при застосуванні яких досягається максимізація середнього збитку неоднорідній груповій цілі у складі типу БПЛА “Герань-2”.

Отримані результати на основі розробленої методики дозволяють підвищити середній збиток груповій неоднорідній

цілі за рахунок вибору раціонального режиму роботи СКАЗ вертольотів Мі-24В, Мі-8МТ при стрільбі в тому числі і з автоматичних турелей. В методиці враховані обмеження штатних режимів роботи СКАЗ вертольотів при бойовому застосуванні уніфікованих вертолїтних гондол типу ГУВ-1 (кулеметний варіант).

Таким чином, представлений підхід дозволяє, в сучасних умовах, удосконалити існуючу методичну базу щодо формування пропозицій екіпажу по вибору раціонального режиму СКАЗ КАОз вертольотів Збройних Сил України при бойовому застосуванні авіаційних артилерійських установок.

ЗАСТОСУВАННЯ БпЛА У ВЕДЕННІ РУХУ ОПОРУ

А.Б. Іващук, А.О. Андросов

*Військовий інститут Київського національного університету
ім. Тараса Шевченка*

Застосування безпілотних літальних апаратів у діяльності руху опору має високу актуальність, оскільки вони забезпечують критично важливі спроможності - від ведення розвідки та коригування вогню до транспортування ресурсів і здійснення високоточного ураження.

Технологічний розвиток перетворив безпілотні системи на один із найефективніших інструментів сучасних воєнних дій. Їх застосування забезпечує руху опору високу ефективність і мобільність, одночасно зменшуючи потребу в значних ресурсах.

БпЛА дають можливість із мінімальним ризиком для особового складу здійснювати транспортування засобів зв'язку, вибухових пристроїв та інших ресурсів, необхідних для функціонування руху опору. Їх застосування забезпечує проведення розвідки, коригування вогню та завдання високоточних ударів на значних відстанях, із високою мобільністю та безпекою для особового складу. Масове й маневрене використання БпЛА примушує противника витратити додаткові ресурси та знижує ефективність його дій.

Отже, широке застосування БпЛА підвищує ефективність дій руху опору, сприяє збереженню його живучості на тимчасово окупованих територіях та дає змогу завдавати противнику відчутних втрат. Таким чином, використання безпілотних систем має потенціал стати одним із ключових інструментів підтримання й ведення руху опору на ТОТ України.

БОРОТЬБА ЗІ СПУФІНГОМ У РОЯХ БпЛА

А.І. Авілов, М.С. Капашин, С.В. Артюнов

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Спуфінг - навмисна підробка сигналів (GPS, зв'язку, команд), що дозволяє зловмиснику змінити траєкторію БпЛА, перехопити керування або зруйнувати координату рою БпЛА-агентів.

Основні методи протидії спуфінгу в роях БпЛА:

Аналіз аномалій GPS: невідповідність рівня потужності, кількості видимих супутників.

Порівняння даних GPS з інерційними, оптичними та лідарними сенсорами.

Виявлення аномалій у радіотрафіку.

Машинне навчання для пошуку підозрілих патернів поведінки.

Багатодіапазонні/багатосистемні GNSS-приймачі.

Локальні радіомаяки та наземні реперні точки.

Криптографія.

Стійкі протоколи зв'язку.

Аутентифікація кожного пакета даних.

Децентралізоване керування без єдиної точки відмови.

Консенсусні алгоритми: порівняння даних між дронами, голосування за "правильні" координати.

Надлишковість зв'язку та навігації.

Ефективний захист рою від спуфінгу можливий лише за комплексного підходу: шифрування + резервні системи позиціонування + постійний моніторинг аномалій + децентралізована архітектура + засоби РЕБ.

ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ПОВІТРЯНОЇ РОЗВІДКИ З ЗАСТОСУВАННЯМ ГРАФІЧНИХ АВТОМАТИЗОВАНИХ СТАНЦІЙ

В.О. Артем'єв, О.І. Льова

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Сучасний операційний простір характеризується інтенсивним застосуванням противником безпілотних літальних апаратів (БпЛА) розвідувального та ударного типів. Ефективна протидія засобам повітряної розвідки є критичним завданням бойового забезпечення підрозділів. Зростаюча мініатюризація та використання технологій низької помітності (Stealth) унеможливають своєчасне та надійне виявлення БпЛА виключно штатними радіолокаційними засобами. В зв'язку з цим, існує необхідність у технологічному дооснащення графічних автоматизованих станцій (ГРАС) інтелектуальними інструментами для обробки матеріалів оптико-електронної розвідки (ОЕР).

Наявні ГАС для обробки відео- та інфрачервоного (ІЧ) потоку стикаються з наступними обмеженнями:

низька швидкість обробки – залежність від ручного або напівавтоматичного аналізу оператором, що не відповідає динамічності зміни (появи) загроз.

складність виявлення малорозмірних цілей – високий рівень хибних спрацювань (реагування на зграї птахів, сміття і т.і.) та пропускання цільових об'єктів на великих дистанціях або на фоні складного ландшафту (ліс, забудова).

недостатня інтеграція сенсорів – неоптимальне поєднання даних з різних оптичних каналів (денний/нічний, ІЧ) для формування комплексної розвідувальної обстановки.

З метою підвищення ефективності ОЕР пропонується впровадження технологій комп'ютерного зору у програмно-апаратний комплекс ГРАС:

інтеграція нейромережевих детекторів – застосування оптимізованих моделей згорткових нейронних мереж (CNN), зокрема архітектур YOLO, спеціально натренованих на розпізнавання цільових об'єктів (різних класів БпЛА). Це забезпечить автоматичне виявлення та класифікацію зі швидкістю понад 25 кадрів/с (режим, близький до реального часу);

забезпечення мультисенсорної Fusion-системи – розробка алгоритмів автоматичного поєднання даних з оптичного і тепловізійного каналів для підвищення достовірності ідентифікації об'єктів та зменшення впливу завад;

автоматизація трекінгу – впровадження алгоритмів з використанням фільтра Калмана або аналогічних методів для стійкого супроводження цілі після первинного захоплення та прогнозування траєкторії руху.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ДОСТАВКИ ВАНТАЖУ FPV-ДРОНА ДЛЯ ВИВЕДЕННЯ З ЛАДУ ВОРОЖИХ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Д.В. Сніжко; Б.Р. Колокольцев

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Сучасні БпЛА формують перевагу на полі бою, а зростання загроз від ворожих дронів потребує ефективних засобів їх перехоплення. Розвиток FPV технологій підсилює потребу у спеціалізованих системах короткодістанційного ураження.

Запропоновано модуль для FPV дронів, що створює повітряну перешкоду за допомогою троса з металевими кулями. Після активації трос формує рухому зону ураження, яка впливає на обертіві елементи ворожого БпЛА без прямого контакту, зберігаючи маневреність носія.

Конструкція модуля проста, компактна та сумісна з більшістю FPV платформ. Розміщення куль забезпечує інерцію, достатню

для пошкодження цілі. Аналіз підтверджує ефективність проти FPV та мультикоптерів середнього класу.

Низька вартість і легка інтеграція роблять модуль перспективним засобом протидії БПЛА, забезпечуючи доступний і безпечний спосіб перехоплення з мінімальним ризиком для дрона-носія.

COMPREHENSIVE RISK ANALYSIS FOR UNMANNED AERIAL VEHICLES

A. Bilyk; S. Boiko, Ph.D., Associate Professor

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Risk analysis related to unmanned aerial vehicles (UAVs) operation is a multifaceted process that covers technical, operational, navigational, regulatory and ethical aspects. The main category is technical and operational risks. Among them, the risk of component failure (Hardware Failure) dominates, since unforeseen failures in the operation of engines, batteries, propellers or key flight controllers due to manufacturing defects, wear and tear or overload are the most common causes of loss of control and crash of the device.

The second significant block is navigation and environmental risks. UAVs are critically dependent on satellite systems, and vulnerability to GNSS errors (GPS/GLONASS), in particular spoofing and jamming of the signal, can lead to incorrect coordinates, deviation from the route and, potentially, to a collision.

The third group includes regulatory, legal and ethical risks. Rapid technology adoption often outpaces regulatory requirements, creating the risk of non-compliance with airspace regulations, which can result in fines and confiscation. Minimizing risks to UAVs requires deep integration of technological solutions, strict operational procedures, and highly qualified personnel.

Thus, only a combination of technological reliability and strict operational discipline can ensure safe and efficient UAV operations.

ЗМЕНШЕННЯ ТЕПЛОВОЇ ПОМІТНОСТІ ОБ'ЄКТІВ ДЛЯ ЗАХИСТУ ВІД ДІЇ FPV-ДРОНІВ

С.В. Королько, к.т.н., доцент

Національна академія сухопутних військ

ім. гетьмана Петра Сагайдачного

У сучасних умовах війни FPV-дрони стали одним із найефективніших інструментів ведення бойових дій. Вони можуть діяти на відстані кількох кілометрів і скеруватись в найуразливіше місце техніки або укриття. Використання FPV-дронів створює нові виклики у сфері захисту військових підрозділів. Традиційні засоби проти-повітряної оборони не завжди ефективні від дії малих, швидких і маневрових дронів. Тому існує потреба створення спеціалізованих систем проти-дії FPV-дронам. Найважливішим аспектом захисту від дії таких видів озброєння є першочергове маскування позицій та зменшення теплової помітності техніки. Концептуальні підходи до зменшення теплової помітності включають першочерговість контролю джерел тепла, зниження роботи обладнання та планування завдань з мінімальними відкритими гарячими ділянками, що дає змогу знизити теплову активність підрозділів.

ВИКОРИСТАННЯ БпАК З МЕТОЮ ЗАХИСТУ ПОЗИЦІЇ РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ СТАНЦІЇ ВІД РОЗВІДУВАЛЬНИХ ТА УДАРНИХ БпЛА ПРОТИВНИКА

А.В. Красножон; К.А. Ткачук

Харківський національний університет Повітряних Сил

ім. Івана Кожедуба

Радіолокаційні станції є пріоритетними цілями противника, оскільки їхнє ураження обмежує можливості наших військ у виявленні повітряних цілей. Противник активно застосовує розвідувальні та ударні БпЛА, здатні швидко виявляти позиції РЛС і завдавати точних ударів, тому одні пасивні заходи захисту вже неефективні.

Радіолокаційні підрозділи забезпечують розвідку повітряного простору та передачу координат цілей. Постійна повітряна розвідка противника змушує часто переміщувати РЛС, що зменшує зону покриття та підвищує ризик ураження.

Зростання кількості ворожих БПЛА підвищує загрозу знищення станцій і особового складу, тому необхідне їх активне фізичне знищення.

Основні засоби боротьби з БПЛА:

- ППО;
- стрілецька зброя;
- власні БпАК.

Способи дії дронів-перехоплювачів:

- таран;
- використання дробовика;
- підлив цілі;
- скидання сітки.

Противник широко застосовує дрони з високою якістю розвідки (“Орлан-10”, “Ланцет”, SuperCam), що підсилює загрозу для позицій РЛС.

ОСОБЛИВОСТІ ТАКТИКИ ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПІЛОТНОЇ АВІАЦІЇ ПРОТИВНИКА

В.Ю. Ляшенко; І.М. Олійник

*Харківський національний університет Повітряних Сил
і.м. Івана Кожедуба*

Масоване застосування ударних та імітаційних БПЛА стало основою російської тактики у війні проти України. Модель, яка вперше була апробована хуситами у 2019 році на сьогодні адаптована противником для системного виснаження української ППО шляхом поєднання дешевих БПЛА із ракетними ударами. Невідповідність вартості засобів повітряного нападу та засобів їх ураження усе більше стає проблемою у війні на виснаження, створюючи ресурсний дисбаланс.

До ключових елементів тактики противника слід віднести:

- нічні та вечірні пуски, які ускладнюють роботу мобільних груп та авіації;

- поєднання з ракетними ударами. Дрони запускаються першими для виснаження засобів ППО перед головним ударом крилатих та/або балістичних ракет;

- хвильові атаки малими групами. Рій з 3-6 БпЛА може заходити у 3–5 хвилях. У перших хвилях застосовуються дешеві БпЛА типу “Пародія” в якості приманки для перевантаження цільових каналів ППО. В останніх хвилях – ударні групи з більшим бойовим навантаженням;

- розвідка та наведення в режимі реального часу. БпЛА фіксують позиції мобільних груп і ЗРК, намагаються вразити самі засоби ППО;

- маневрування висотою, напрямком та зміна маршрутів, які можуть бути унікальними для кожного регіону.

З метою протидії нової тактики противника, яка базується на масовості, хвильовості та активному відволіканні ППО за рахунок широкого використання приманок і маневрування необхідно створення адаптивної багатоступеневої системи ППО.

НАПРЯМКИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ FPV-ДРОНІВ У СУЧАСНИХ БОЙОВИХ ДІЯХ

А.М. Матвієнко¹; А.І. Матвієнко²

*¹Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба;*

²37-ма окрема бригада морської піхоти

Сучасні бойові дії, зокрема під час російсько-української війни, продемонстрували стрімке зростання ролі FPV-дронів як одного з найбільш ефективних засобів ураження на полі бою в тактичній глибині. Завдяки високій маневреності, низькій вартості та можливості виконувати точкові удари, ударні FPV-дрони стали ключовим елементом тактичної переваги.

Обмежена дальність управління, залежність від характеристик сигналу керування та вразливість до перешкод створює необхідність у технічному вдосконаленні. Важливим напрямом вдосконалення є покращення завадостійкості, підвищення дальності польоту, покращення аеродинамічної якості корпусу та оптимізація бойової частини для різних типів цілей – від бронетехніки та укріплень до знищення живої сили противника.

Підвищення ефективності FPV-дронів з електричною силовою установкою передбачає використання батарей більшої питомої ємності, комплексного підходу для збільшення аеродинамічної якості, використання засобів шифрування каналів управління та передачі телеметрії, використання системи автоматичного донаведення для ураження рухомих та не рухомих цілей. Це підвищує ефективність застосування FPV-дронів в умовах застосування РЕБ і дозволяє операторам працювати на більшій відстані та з більшою точністю.

Використання модернізованих FPV-дронів значно підсилює бойові можливості підрозділів Сил Оборони України, забезпечуючи доступний і вискоефективний інструмент для ураження противника. Системна робота над їх вдосконаленням є перспективним напрямом розвитку та ключовим чинником збереження тактичної переваги на полі бою.

РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ (РЕКОМЕНДАЦІЙ) ЩОДО ДЕШИФРУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ, ЯКІ ВИЯВЛЯЮТЬСЯ БпАК З ЗАСТОСУВАННЯМ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ СТАНЦІЙ З СИНТЕЗОВАНОЮ АПЕРТУРОЮ

Р.І. Підлетюк, О.І. Льова

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Радіолокаційні станції з синтезованою апертурою (SAR) є сучасним інструментом дистанційного зондування Землі, що дозволяє отримувати високодетальні зображення поверхні незалежно від погодних умов чи ступеня освітленості поверхні. Зазначена технологія широко застосовується у військовій сфері,

зокрема розвідці об'єктів, геодезії, моніторингу довкілля, картографії і т.і.

Традиційно SAR застосовувались з космічних платформ і пілотованих літальних апаратів, в той же час, встановлення їх на безпілотні літальні апарати забезпечить безперервну розвідку незалежно від метеорологічних умов та часу доби. На відміну від оптичних систем, SAR радары застосовують випромінювання радіосигналів, що дозволяє виявляти об'єкти через хмари, дим, туман, а також щільну рослинність.

В зв'язку з тим, принцип роботи SAR полягає в використанні руху платформи, на який він встановлений, для емуляції антени з великою апертурою і за рахунок когерентного сумування відображених сигналів і аналізу доплерівського зсуву, SAR дозволяють отримувати розвідувальну інформацію з високою розрізняювальною здатністю. Так, розрізняювальна здатність виявлених об'єктів в ході застосування SAR може складати 0,5 – 0,25 м, що дозволяє ідентифікувати військову техніку до типу і з урахуванням досвіду застосування Сил оборони України під час відбиття широкомасштабної агресії є актуальним в ході виконання завдань вогневого ураження противника.

Таким чином, в рамках постійно зростаючої потреби у високоточних даних, подальші дослідження мають бути спрямовані для визначення категорій (дешифрувальних і демаскувальних ознак) об'єктів, які будуть виявлятися радіолокаційними станціями з синтезованою апертурою з безпілотних авіаційних комплексів та пропозицій щодо маскування цих об'єктів від засобів повітряної радіолокаційної розвідки противника.

РОЗРОБКА МОДЕЛІ ВИЯВЛЕННЯ ТА КЛАСИФІКАЦІЇ НАДВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ З ВІЙСЬКОВО-МОРСЬКИХ СИЛ ПРОТИВНИКА З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЙ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ

Р.І. Байрак; О.Г. Галена

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

На початку повномасштабного вторгнення сучасні військово-морські операції в російсько-українській війні характеризуються високою динамікою та потребують швидкого й точного розпізнавання надводних об'єктів противника. Зростання ролі безпілотних комплексів, автоматизованих систем спостереження та великих масивів відеоданих створює потребу в ефективних інтелектуальних технологіях, здатних забезпечувати своєчасне виявлення та класифікацію об'єктів в морських водах. В сучасній війні актуальним стає використання методів комп'ютерного зору, що дозволяють підвищити рівень автоматизації та зменшити залежність від людського фактору.

Традиційні підходи до розпізнавання морських цілей мають ряд суттєвих обмежень: вони характеризуються низькою точністю за складних погодних умов, недостатньою швидкістю в реальному часі та високою залежністю від кваліфікації оператора. Додатковими факторами, що ускладнюють задачі виявлення, є велика різноманітність типів надводних об'єктів, значна дистанція спостереження, зашумленість або нестабільність відеопотоку, а також потреба в обробці потокових даних у режимі реального часу. Усе це зумовлює необхідність створення більш адаптивних і технологічно досконалих моделей.

Оптимальним напрямом вирішення визначено розробку моделі виявлення та класифікації надводних об'єктів противника з використанням сучасних методів комп'ютерного зору та глибинного навчання. Ефективність забезпечується застосуванням згорткових нейронних мереж і високопродуктивних архітектур (YOLO, Faster R-CNN, EfficientDet), здатних працювати зі складними відеопотоками та забезпечувати точне розпізнавання в реальному часі. Запропонований підхід включає попередню фільтрацію зображень, детекцію цілей на основі навченої моделі, класифікацію типів об'єктів, а за потреби — прогнозування їхнього руху. Для оцінювання якості роботи моделі доцільно використовувати метрики IoU, mAP та Precision/Recall.

Застосування такого алгоритмічного комплексу дозволить створити високоточну, надійну й швидкодіючу систему морського моніторингу, здатну своєчасно виявляти надводні загрози та сприяти підвищенню ефективності військово-морських операцій.

ВЗАЄМОДІЯ БПЛА З ІНШИМИ СИЛАМИ В УМОВАХ РОСІЙСЬКО-УКРАЇНСЬКОЇ ВІЙНИ 2022–2025 РР.: КОМАНДУВАННЯ, КЕРУВАННЯ ТА КООРДИНАЦІЯ

А.В. Поручник

*Національна академія сухопутних військ
ім. гетьмана Петра Сагайдачного*

У ході російсько-української війни 2022–2025 рр. безпілотні літальні апарати (БПЛА) є не просто новинкою в арсеналі зброї, але й поштовхом до кардинальних змін у способі ведення війни. вона перетворилася на організовану мережу з датчиків, передавачів та точок ураження, де кожен компонент – від піхотинця до артилерійського батальйону – діє в рамках скоординованої інформаційно-вогневої схеми. Саме БПЛА забезпечують таку координацію: вони виявляють цілі, коригують вогонь, завдають ударів, здійснюють електронну розвідку та зв'язок, а іноді й знищують ворожі безпілотники. це створює різні форми взаємодії між силами ЗС України, формуючи концепцію мережецентричної війни, де перевага полягає не в кількості, а у швидкості прийняття рішень і передачі даних.

Дрони FPV, окрім атак на танки, артилерію та піхоту, уражають розвідувальні й важкі безпілотники, скорочуючи час між виявленням цілі та її знищенням із годин до секунд. Вони працюють разом із системами радіоелектронної боротьби, поєднуючи атаку та оборону. У тилу БПЛА інтегровані в розвідувальні мережі, що передають інформацію — цифрове серце сучасного бою. Із цієї синергії постала “армія дронів”. Війна стала лабораторією майбутнього, де випробовуються моделі, що змінять світові стандарти оборони. Наша перемога

тепер залежить від того, як швидко дрон, оператор і командир здатні перетворити інформацію на дію. Український досвід доводить: технології не замінюють людину, а підсилюють її.

ОГЛЯДОВИЙ АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ ІСНУЮЧИХ СУББОЄПРИПАСІВ З БпЛА 1-ГО КЛАСУ

Б.В. Ревко

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Суббоєприпаси, що застосовуються з БпЛА 1 класу, характеризуються малою масою, компактністю та здатністю забезпечувати точкове ураження живої сили, легкої техніки та обладнання з мінімальною де маскувальною ознакою. Їх бойові частини як правило є кумулятивними, осколковими або осколково-фугасними, а підрильники – мають невелику масу і є простими та надійними, розрахованими на контактну дію миттєву ініціацію або з мінімальною затримкою. Низька швидкість та мала висота скидання відповідають можливостям БпЛА 1 класу, що забезпечують ураження цілей навіть за умов обмеженої маси бойової частини.

Модульність деяких зразків суббоєприпасів дозволяє їх адаптувати під конкретні завдання, проте невелика маса бойової частини знижує їхню ефективність проти укріплених цілей. Основні заходи протидії включають використання засобів РЕБ для зриву керування та навігації дронів-носіїв, активній протиповітряній обороні призначений для фізичного знищення носіїв, а також організацію маскування, розосередження та інженерного укриття техніки й особового складу.

Суббоєприпаси якими оснащуються БпЛА 1 класу становлять суттєву загрозу через точність та відносну прихованість застосування, однак їх ефективність істотно зменшується завдяки комплексній РЕБ-протидії, активній протиповітряній обороні ближньої дії та організації укриттів і маскування.

БпАК У СУЧАСНОМУ БОЮ: ПРИНЦИПИ, МЕТОДИ ТА ТАКТИЧНІ РІШЕННЯ

М.В. Булатов

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

У сучасному збройному протистоянні безпілотні авіаційні комплекси (БпАК) відіграють ключову роль у підвищенні ситуаційної обізнаності, забезпеченні точності дій підрозділів та зменшенні ризиків для особового складу. Ефективність їх застосування визначається поєднанням декількох способів та тактичних прийомів, що враховують динамічний характер бойової обстановки, розвиток засобів протидії та вимоги до інформаційного переваги.

Основними напрямками бойового застосування БпАК є ведення розвідки й спостереження, коригування застосування зброї, моніторинг позицій противника та контролювання переміщення власних підрозділів. Завдяки гнучкості та малопомітності БпАК можуть виконувати завдання в умовах складної місцевості, обмеженої видимості та активного радіоелектронного впливу. Ефективні тактичні прийоми включають багаторівневе використання різних типів БпАК, чергування маршрутів, маневри уникнення виявлення та швидку зміну позицій операторів.

Поєднання декількох БпАК у єдиній системі дозволяє створювати багатошаровий простір спостереження, підсилювати точність оцінки обстановки та забезпечувати своєчасне прийняття рішень. В умовах сучасного конфлікту критичними є взаємодія між екіпажами БпАК і підрозділами на землі, стандартизовані процедури обміну даними, а також постійне удосконалення навичок щодо протидії перешкодам і збереження стійкості зв'язку. Таким чином, БпАК стають універсальними елементами системи управління та бойових дій, підвищуючи ефективність і безпеку підрозділів у широкому спектрі операцій.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ПЕРЕХОПЛЕННЯ ТА НЕЙТРАЛІЗАЦІЇ ВОРОЖИХ БПЛА ЗА ДОПОМОГОю FPV-ДРОНІВ ІЗ СПЕЦІАЛЬНИМИ ПІДРИВНИМИ МОДУЛЯМИ

Д.О. Колотухін

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

У сучасних умовах ведення бойових дій застосування безпілотних авіаційних комплексів стало одним із ключових інструментів тактичної та оперативної розвідки, коригування артилерійського вогню та завдання ударів по критично важливих об'єктах. Постійне нарощування кількості та технічних можливостей ворожих БПЛА ставить перед силами оборони України завдання пошуку швидких, гнучких та економічно доцільних способів протидії. Одним із найбільш ефективних рішень останніх років виступає система перехоплення ворожих безпілотників за допомогою FPV-дронів, оснащених спеціальними підривними модулями. Суть підходу полягає в тому, що FPV-дрон виконує роль мобільного перехоплювача, здатного швидко реагувати на появу повітряної цілі, наблизитися до неї у режимі реального часу та здійснювати прямий контактний підрив. Такий принцип забезпечує високу точність ураження, мінімізує побічні пошкодження та дозволяє знешкоджувати навіть маневрові та малогабаритні БПЛА, які складно перехопити класичними засобами ППО. Попередній аналіз практичного застосування цього методу на різних ділянках фронту свідчить про низку його переваг.

По-перше, FPV-дрони є значно дешевшими у виробництві порівняно з ракетами ППО, що робить систему перехоплення економічно вигідною при масованих атаках.

По-друге, можливість використання різних типів підривних модулів - кумулятивних, осколкових, направленої дії, що дозволяє адаптувати FPV-перехоплювач під конкретні види цілей: від розвідувальних коптерів до баражуючих боєприпасів типу "Ланцет".

По-третє, ручне керування оператором забезпечує більш високу гнучкість у порівнянні з автоматизованими системами, особливо в умовах складної радіоелектронної боротьби. Водночас ефективність такої системи залежить від підготовки операторів FPV, надійності каналів зв'язку, якості відеотрансляції та правильно підібраного заряду. Також існує потреба у подальшому розвитку технологій автономного наведення та покращенні стійкості до РЕБ. Попри це, застосування FPV-дронів із підривними модулями є одним із найбільш перспективних напрямів розвитку тактичної ППО на ближніх дистанціях, здатним забезпечити оперативне реагування на загрози та значно знизити ефективність ворожих безпілотних систем. Загалом проведений аналіз дозволяє стверджувати, що використання FPV-дронів для перехоплення та нейтралізації ворожих БпЛА є високоефективним, адаптивним та технічно перспективним рішенням, яке відповідає актуальним потребам оборонних сил і має суттєвий потенціал для подальшої модернізації та інтеграції у багаторівневі системи протидії безпілотним загрозам.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ОСКОЛКОВИХ БОЄПРИПАСІВ КАЛІБРУ 1 КГ З БпЛА ПЕРШОГО КЛАСУ В УМОВАХ ПРОТИДІЇ РЕБ

Ю.М. Головатий; О.С. Білозьоров

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

У сучасних умовах БпЛА 1 класу широко застосовуються для точкових ударів по живій силі та легкій техніці противника. Боєприпаси масою 1 кг забезпечують достатню уражаючу дію, однак їх ефективність значною мірою залежить від здатності апарата працювати в умовах активної протидії засобів РЕБ.

Основний вплив РЕБ проявляється у придушенні каналів управління та GNSS-навігації, що знижує точність скидання. Для компенсації цих факторів доцільним є застосування інерційних модулів, оптичного наведення та оптимізованих профілів

польоту: прихований підліт, скорочений час перебування над районом цілі, скидання з відстані поза зоною дії РЕБ.

Підвищення точності також забезпечується конструктивною стабілізацією боєприпасів: посилені оперення, оптимізована форма, використання контактних або дистанційних підривачів. Бойовий досвід свідчить, що навіть малі заряди забезпечують значний ефект при правильному врахуванні метеоумов та рельєфу.

Перспективними є модульні підвіси для швидкої інтеграції боєприпасів, GNSS-фільтри, а також програмні алгоритми автоматизованого визначення точки скидання з урахуванням балістики та вітру.

АНАЛІЗ БОЙОВИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ТА ШЛЯХІВ ПРОТИДІЇ БАРАЖУЮЧОМУ БОЄПРИПАСУ “ЛАНЦЕТ”

Д.М. Поліщук

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Ворожий БпЛА противника “Ланцет” — це малогабаритний ударний баражуючий боєприпас, який противник активно використовує для точкового ураження бронетехніки, артилерійських систем та оборонних позицій. Апарат оснащений оптико-електронною головою, супутниковою навігацією та електродвигуном, що забезпечує дальність польоту до десятків кілометрів і автономне наведення на визначену ціль. Завдяки компактності, низькій помітності та малій акустичній сигнатурі цей БпЛА противника складно завчасно виявити. Протидія “Ланцету” базується на поєднанні радіоелектронного придушення каналів управління і навігації, використанні аерозольних завіс, оперативному маскуванні позицій та застосуванні мобільних засобів ППО ближньої дії. Значне підвищення ефективності досягається за умов раннього виявлення засобів запуску та порушення ворожого циклу “розвідка–удар”.

ПРОТИДІЯ ЗАСОБАМ РЕБ ПРОТИВНИКА ПРИ ЗАСТОСУВАННІ БпАК У СУЧАСНИХ БОЙОВИХ ДІЯХ

І.С. Явор; С.А. Плешкунов, д.філос.

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Активне застосування безпілотних авіаційних комплексів у бойових діях супроводжується значним впливом засобів радіоелектронної боротьби противника, які спрямовані на придушення каналів управління, навігації та передачі даних. Зростання інтенсивності радіоелектронного протиборства створює загрозу втрати безпілотників та зменшення точності виконання бойових завдань, що актуалізує потребу у формуванні системного підходу до підвищення завадостійкості БпАК.

Одним із ключових напрямів протидії РЕБ є модернізація каналів зв'язку, зокрема застосування багаточастотних передавачів, резервованих каналів різних типів та алгоритмів псевдовипадкового перестроювання частот. Псевдовипадковий перестроювання частот. Це метод, при якому робочі сигнали швидко змінюються за здалегіть відомою псевдовипадковою послідовністю, що значно ускладнює роботу РЕБ та зменшує перехоплення або заглушення сигналу.

Поєднання цих підходів дозволяє мінімізувати ймовірність перехоплення або блокування сигналів управління.

КОНЦЕПЦІЯ ПОВІТРЯНОГО МІНУВАННЯ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ БпАК

І.В. Сопівник; І.В. Юрковський

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Повітряне мінування з використанням безпілотних авіаційних комплексів - це спосіб дистанційного створення загороджень, у якому дрони доставляють інженерні елементи у вказані точки місцевості. Основна ідея полягає в тому, що БпАК можуть

працювати швидко, точно й у важкодоступних районах, де інші методи малоефективні.

Дрон оснащується модулем для розміщення інженерних елементів та навігаційними системами, які забезпечують точне виконання завдання. Розподіл здійснюється за визначеними координатами та щільністю, що дозволяє формувати впорядковані загородження з прогнозованими характеристиками.

З організаційної точки зору застосування БпАК дає змогу оперативно створювати загородження у потрібний час і в потрібній місцевості. Перевагою є можливість фіксації точних координат розміщення елементів і формування цифрових карт загороджень.

Подальший розвиток концепції пов'язаний із підвищенням автономності дронів, точності навігації, удосконаленням алгоритмів розподілу та застосуванням групових рішень. Це формує сучасний підхід до дистанційного створення загороджень, у якому поєднані технологічна точність і гнучкість безпілотних систем.

ВПЛИВ БпЛА НА ЗМІНУ ТАКТИКИ ТА СТРАТЕГІЇ ВЕДЕННЯ БОЙОВИХ ДІЙ

*С.М. Барчук; Ю.О. Кедровський; І.Р. Сітало; А.О. Забавчук
Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Безпілотні літальні апарати (БпЛА) стали одним із ключових чинників трансформації сучасної збройної боротьби з урахуванням досвіду українсько-російської війни. Їх широке застосування дозволило сторонам конфліктів перейти від масованих, часто менш ефективних дій до точкових, високоточних ударів, що значно змінює тактику ведення війни.

Тактичні підходи на полі бою суттєво змінилися завдяки здатності БпЛА здійснювати тривалу розвідку в реальному часі, виявляти замасковані цілі та передавати координати

артилерійським і ракетним підрозділам. Це забезпечує формування сучасного типу розвідки - “розвідка-удар” та “розвідка-вогнь”, де цикл від виявлення до ураження цілі зменшився до хвилин.

Стратегічно БпЛА формують нові умови конкуренції між сторонами: зростає значення боротьби за інформаційну перевагу, засобів радіоелектронної протидії та мережоцентричної взаємодії між різними родами військ.

У підсумку БпЛА радикально змінюють як тактичні моделі бою, так і стратегічні підходи до планування військових операцій. Вони роблять сучасну війну більш маневровою, технологічною та інформаційно насиченою, а також підвищують ефективність і точність застосування сил на полі бою.

ВИКОРИСТАННЯ FPV-ПЕРЕХОПЛЮВАЧІВ ДЛЯ ПРОТИДІЇ АРМІЙСЬКІЙ АВІАЦІЇ

О.А. Круць; В.О. Буц

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Використання FPV-перехоплювачів у протиповітряній обороні є перспективним асиметричним методом боротьби з армійською авіацією противника. Бойові вертольоти, діють на малих та надмалих висотах, що знижує ефективність класичних засобів ППО через складність виявлення, короткий час на вогневе рішення, та високу вартість ракетного перехоплення

Аналіз бойового досвіду свідчить, що FPV-дрони здатні виконувати атаку на вертольоти противника, які виконують зависання або працюють у режимі кадрування НАР. Реальні приклади включають випадки ураження Мі-8 та ударних БпЛА типу “Орлан-30” за допомогою FPV-дронів. Такі атаки підтверджують доцільність розробки FPV-перехоплювачів

Технічна складність задачі обумовлена необхідністю ручного наведення та забезпечення керування в умовах перешкод. Оптимальним шляхом вирішення є впровадження комбінованих

систем допомоги в наведенні та донаведенні на ціль, що забезпечить низьку вартість одиниці перехоплювача . Використання потужних електродвигунів, а також впровадження систем попереднього виходу в район перехоплення.

Математичне моделювання дозволяє оцінити можливості FPV-перехоплювачів та визначити оптимальні профілі перехоплення

Перспективами розвитку FPV-перехоплення є створення спеціалізованих комплексів ближньої оборони для прикриття маневрових підрозділів, пунктів управління та засобів ППО. Економічна ефективність робить такі системи реальним і перспективним напрямком розвитку у сучасних бойових діях.

ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ РОЗВІДУВАЛЬНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ СТРАТЕГІЧНОГО ТИПУ В СУЧАСНИХ КОНФЛІКТАХ: ТЕХНОЛОГІЧНІ ВИКЛИКИ ТА ПРАВОВІ АСПЕКТИ

В.І. Рубльов, к.т.н., доцент; Н.М. Отрешко; Я.В. Демченко

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Глобальні та регіональні збройні конфлікти останніх десятиліть, зокрема повномасштабна агресія Російської Федерації проти України, довели, що безпілотні літальні апарати (БпЛА) стратегічного типу перетворилися на один із вирішальних факторів ведення бойових дій.

Ці БпЛА, здатні виконувати завдання на великих відстанях, тривалий час і на значній висоті (класи HALE – High Altitude Long Endurance та MALE – Medium Altitude Long Endurance), забезпечують важливу інформацію для прийняття стратегічних та оперативних рішень.

Метою доповіді є комплексний аналіз сучасного стану бойового застосування БпЛА стратегічного типу, ідентифікація головних технологічних і правових викликів, а також розробка

науково-обґрунтованих пропозицій щодо вдосконалення доктрин застосування та систем протидії.

БпРЛА забезпечують вирішальну інформаційну перевагу, але їхня ефективність перебуває під постійною загрозою з боку сучасних засобів РЕБ і ППО. Ключовими викликами є забезпечення стійкості в електромагнітному середовищі та необхідність інтеграції ШІ для підвищення автономності. Подальший розвиток потребує вкладення коштів у технології проактивної протидії РЕБ та розробку доктрин, що поєднують кінетичні та некінетичні засоби боротьби з повітряними цілями.

РОЛЬ БЕЗПІЛОТНОЇ АВІАЦІЇ У СУЧАСНІЙ ЗБРОЙНІЙ БОРОТЬБІ

Я.В. Савельєв; О.І. Йонка; С.О. Гармаш

Харківський національний університет Повітряних Сил

ім. Івана Кожедуба

Безпілотні літальні апарати (БпЛА) сьогодні стали одним із ключових інструментів ведення бойових дій, радикально змінивши підходи до розвідки, вогневого ураження та управління військами. Їх масове застосування створює нові можливості на полі бою.

Сучасні БпЛА оснащуються камерами високої якості, тепловізорами, ЛІДАР-сенсорами, що дозволяє вести цілодобове спостереження та контролювати переміщення противника з високою точністю та в реальному часі. Це забезпечує командуванню повну та актуальну картину обстановки.

Ударні дрони та баражуючі боєприпаси дозволяють здійснювати точкові удари по техніці, укріпленнях та живій силі з мінімальним ризиком для власних військ. Застосування FPV-дронів робить боротьбу з бронетехнікою значно ефективнішою навіть для малих підрозділів.

БпЛА відіграють вирішальну роль у наведенні артилерії та коригуванні вогню, значно підвищуючи точність ураження. У

системах ППО дрони використовуються для виявлення повітряних цілей та контролю повітряного простору.

Новітня ройова концепція передбачає одночасне застосування масових груп малих БпЛА – від кількох десятків до сотень – які здатні координовано виконувати поставлені завдання в єдиному інформаційному середовищі. Це ускладнює роботу ППО противника та підвищує шанси на успішне виконання завдань.

Майбутнє за дронами, оснащеними системами автономної навігації, стійким до перешкод зв'язком і можливістю працювати в умовах повного заглушення GPS. Це дозволить забезпечити стабільну роботу БпЛА навіть під інтенсивним впливом засобів радіоелектронної боротьби.

У цілому безпілотні літальні апарати поступово перетворюються на основу сучасної тактики, забезпечуючи високу точність, мобільність та інформаційну перевагу на полі бою.

ВДОСКОНАЛЕННЯ ЗАХИСНОГО ОСВІТЛЕННЯ ДЛЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Ю.В. Георгієв; Н.В. Голишева; М.О. Голишев

Харківський національний університет Повітряних Сил

ім. Івана Кожедуба

Безпілотні літальні апарати (БпЛА) відіграють ключову роль у сучасних збройних конфліктах, виконуючи функції розвідки, цілевказання та завдання ударів. Однією з основних проблем, що знижують ефективність БпЛА на полі бою, є їхня уразливість до виявлення та ураження ворожими засобами. Захисне освітлення для БпЛА є важливим компонентом, який може значно підвищити невидимість апарата вночі, або в умовах поганої видимості.

Вдосконалення систем захисного освітлення передбачає застосування сучасних технологій, таких як активні та пасивні засоби маскування, використання інфрачервоних і ультрафіолетових джерел світла для створення складних

оптичних ефектів, що ускладнюють виявлення БпЛА. Крім того, розвиток інтегрованих систем захисту, які поєднують освітлення з іншими методами (електронною боротьбою, камуфляжними покриттями), дозволяє створити мультифункціональну систему, здатну не лише маскувати апарат, а й активно впливати на засоби виявлення противника.

Особливо важливим є вдосконалення адаптивних освітлювальних систем, здатних змінювати свої параметри відповідно до умов навколишнього середовища та активності ворога. Такі системи можуть автоматично коригувати інтенсивність і спектр випромінювання в залежності від конкретної ситуації, забезпечуючи найкращий рівень маскування безпілота в різних умовах. Вдосконалення цих технологій дозволяє мінімізувати ймовірність виявлення БпЛА в умовах інтенсивної бойової обстановки, що значно підвищує живучість апарата та ефективність його виконання завдань.

У результаті, ефективне вдосконалення захисного освітлення для БпЛА є важливим етапом підвищення їхньої оперативності та збереження в умовах сучасного бойового середовища, що дозволяє значно покращити їхні тактичні та стратегічні можливості.

ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО ПІДВИЩЕННЯ ЖИВУЧОСТІ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ У ЗОНІ АКТИВНОЇ ПРОТИДІЇ ПРОТИВНИКА

В.В. Маковецький; М.А. Борець

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

У сучасних умовах ведення бойових дій безпілотні авіаційні комплекси (БпАК) стали одним із ключових елементів розвідки, цілевказання та вогневого ураження противника. Водночас зростання інтенсивності застосування засобів радіоелектронної боротьби (РЕБ), протидії ППО та кіберзагроз створює серйозні

виклики для інженерно-авіаційного забезпечення (ІАЗ) та підтримання ефективності БпАК.

Досвід експлуатації в бойових умовах засвідчив, що до основних чинників зниження боєготовності безпілотних систем належать: перевантаження апаратури через вплив перешкод, втрати зв'язку з пунктом управління, руйнування конструкцій під час приземлення та нестача запасних частин у польових умовах.

Для підвищення ефективності експлуатації БпАК у бойових умовах доцільно впровадити адаптивні системи зв'язку з псевдовипадковою перебудовою робочої частоти і надійним шифруванням, модульну апаратуру для швидкої заміни пошкоджених елементів, автоматизоване технічне обслуговування з самодіагностикою для прогнозування відмов та підвищення кваліфікації інженерного персоналу з акцентом на роботу в умовах активної РЕБ. Додатково рекомендовано польові ремонтно-зарядні модулі для автономності та зменшення залежності від стаціонарних пунктів, що підвищує живучість і стійкість систем у зоні протидії противника.

Реалізація зазначених рішень забезпечить підвищення живучості, скорочення часу простою техніки та збільшення інтенсивності застосування БпАК у складних умовах протидії противника.

ПРИКЛАДНА ПРОБЛЕМА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НЕОБХІДНОГО РІВНЯ БОЄЗДАТНОСТІ УГРУПУВАНЬ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ

*М.М. Момот, к.т.н., доцент; І.В. Діденко; Є.С. Кіщенко
Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Результати застосування безпілотних авіаційних комплексів в умовах сучасних збройних конфліктах показують виникнення гострої прикладної проблеми забезпечення необхідного рівня боєздатності їх угруповань.

Тому розробка методик вибору раціональних зразків безпілотних авіаційних комплексів (БпАК) з урахуванням ефективності їх застосування, витрат ресурсів та ризиків реалізації закупівельних проектів є актуальною проблемою

Так у запропонованому методичному підході у найзагальнішому вигляді встановлено систему критеріїв вибору серійних зразків БпАК для створення раціонального їх типорозміру. При цьому, крім можливості використання для формалізації такого роду задачі оптимізації методів випадкового подрібнення множини елементів задачі на окремі з наступною багаторівневою оптимізацією, впроваджено удосконалені методики постановки та розв'язування математичних задач оптимізації кількісно-якісного складу перспективних БпАК з мінімізацією кількості ітераційних процедур (альтернативних варіантів, що підлягають генерації) й методик інтерпретації розв'язку таких задач для формування оптимальних тактико-техніко-економічних показників перспективних угруповань БпАК з урахуванням бойових потенціалів, як окремих безпілотних авіаційних комплексів, так і їх підрозділів.

Такий підхід дозволить визначити угруповання із різнорідних зразків безпілотних авіаційних комплексів та вирішити бойові завдання відповідного рівня із мінімальними сумарними витратами.

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ПРОТЕХНІЧНОГО ЗВОРОТНОГО ПОСТРІЛУ НА БпЛА ПЕРШОГО КЛАСУ ДЛЯ ПРОТИДІЇ ВОРОЖИМ БЕЗПІЛОТНИМ ЛІТАЛЬНИМ АПАРАТАМ

В.О. Попов

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Безпілотні літальні апарати 1 класу завдяки малій масі, простоті застосування та низькій вартості набули масового поширення у сучасній збройній боротьбі. Одним із

перспективних напрямків підвищення їх ефективності для знищення повітряних цілей літакового типу є інтеграція на борт озброєння револьверного типу або декілька трубчастих елементів з зарядами, але їх використання викликає велику інерцію під час пострілу, пропонується встановлення піротехнічних засобів які будуть компенсувати дану кінетичну інерцію за рахунок рівносильної від'ємної кінетики до пострілу.

У роботі розглядається концепція “зворотного пострілу”, за якої імпульс від основного піропатрона частково компенсується за рахунок комбінованого відстрілу двох або більше менших зарядів. Такий підхід дозволяє перерозподілити кінетичну енергію системи “БпЛА – заряд”, знизити віддачу на корпус без зменшення корисного ефекту основного заряду. Запропоновано кінематичну та динамічну моделі, що описують зміну лінійної та кутової швидкості БпЛА, положення центра мас і моментів інерції при спрацюванні системи зворотного пострілу; наведено підхід до балістичної оцінки траєкторії рухомого заряду в полі гравітації з урахуванням початкової швидкості апарата та аеродинамічного опору.

ПРОБЛЕМИ ВИЯВЛЕННЯ БпЛА ЗА ДОПОМОГОЮ ГОЛОВОК САМОНАВЕДЕННЯ АВІАЦІЙНИХ КЕРОВАНИХ РАКЕТ КЛАСУ “ПОВІТРЯ-ПОВІТРЯ”

О.О. Сорочкіна; А.В. Даценко

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Сучасні безпілотні літальні апарати (БпЛА) є доволі складними цілями для виявлення їх головками самонаведення (ГСН) авіаційних керованих ракет, розрахованих переважно на інші типи повітряних суден. Цьому сприяють недостатні радіолокаційна та теплова помітність дронів. Мала ЕПР, використання матеріалів зі слабким відбиттям ускладнюють захоплення та автосупровід БпЛА, особливо під час маневрів чи польоту на малих висотах. Суттєво впливає і мінімальна теплова

сигнатура випромінювання БпЛА. Електродвигуни чи малопотужні ДВЗ майже не випромінюють в ІЧ-діапазоні, тому ІЧ ГСН часто не здатні коректно ідентифікувати такі цілі.

Дронам також властива нестандартна динаміка польоту – зависання, різкі зміни висоти та мало швидкі режими. Це погіршує точність передбачення точки зустрічі. Додаткові складнощі створюють зовнішні завади: рельєф, погодні умови, дим, туман та контрастне освітлення впливають на роботу РЛС та оптичних сенсорів. Окремою проблемою є економічна неефективність – вартість керованої ракети часто значно перевищує ціну більшості БпЛА, роблячи їхнє збиття традиційними засобами економічно нерентабельним.

Таким чином, застосування стандартних головок наведення проти дронів має низку технічних і практичних обмежень, що вимагає розробки спеціалізованих багато спектральних сенсорів, дешевших перехоплювачів та оптимізованих систем боротьби з малорозмірними БпЛА.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЛЬОТНО-ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК УДАРНИХ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ЛІТАКОВОГО ТИПУ, ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ В ЗБРОЙНИХ СИЛАХ УКРАЇНИ

В.А. Безпалый, Ю.М. Чаун, О.Д. Хоменко

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Аналіз ударів по об'єктах противника в оперативній та стратегічній глибині, які було завдано Силами оборони України в останні місяці, показує постійний ріст використання ударних БпЛА літакового типу. Україна має як технологічний імпульс (власні розробки), так і стратегічну мотивацію активно їх використовувати:

можливість змінити комплексні підходи до нанесення ударів;

масштабне виробництво забезпечить велику кількість ударних платформ;

автономні та “роєві” рішення підвищать ефективність уражень.

Покращення ТТХ ударних БпЛА, які використовуються Силами оборони України, можливо здійснити за рахунок проведення низки конструктивних та технічних удосконалень: покращення аеродинаміки; використання легких композитів; підвищення стійкості до впливу РЕБ за рахунок використання інерційних систем управління, встановлення CRPA антен.

У поєднанні з технічними удосконаленнями, за досвідом бойових дій, дієвим способом підвищення ефективності ударних БпЛА є постійна зміна тактики їх застосування: польоти на гранично малих висотах, нестандартне маневрування, групове застосування, застосування БпЛА-пасток тощо.

БпЛА “МОЛНІЯ”: ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ТА ПРОТИДІЇ В УМОВАХ СУЧАСНОЇ ВІЙНИ

В.В. Берченко; О.С. Кобцев

Національний аерокосмічний університет

“Харківський авіаційний інститут”

“Молнія” - це російський ударний безпілотний літальний апарат типу “камікадзе” (баражуючий боєприпас) літакового типу, який призначений для нанесення точкових ударів по техніці, укріпленнях і живій силі. Цей дрон є відносно дешевим (300\$ за одиницю) у виробництві і виготовляється з доступних матеріалів (фанера, картон, пластик, пінопласт, алюмінієві труби, китайська електроніка), що дозволяє ворогу налагодити масове виробництво таких БпЛА і у використовувати їх у великій кількості для нанесення ударів по прифронтових населених пунктах, також БпЛА такого типу часто є носіями FPV-дронів квадрокоптерного типу і слугують для них ретрансляторами сигналів.

Протидія БпЛА типу “Молнія” вимагає комплексного підходу з урахуванням її малопомітності і низької вартості. Засоби РЕБ є одним з основних інструментів протидії, оскільки дрон керується оператором дистанційно через радіосигнал, а засоби РЕБ блокують канал управління і навігації, змушуючи дрон втратити зв'язок з оператором і збитися з курсу або впасти, не досягнувши цілі. Також через низьку помітність для великих комплексів ППО та невелику швидкість (70-90км/год), “Молнія” є ціллю, яку можна знищити стрілецькою зброєю, такою як автомат або ручний кулемет Калашнікова, гвинтівок М4 та М16 та іншим. Найбільш ефективним і дешевим засобом протидії БпЛА такого типу було б застосування лазерних систем ППО типу “Тризуб” або “Dragonfire”, а також використання FPV-дронів-перехоплювачів.

БЕЗПІЛОТНА АВІАЦІЯ У СУЧАСНІЙ ЗБРОЙНІЙ БОРІТБІ

О.В. Гапонов; О.М. Олійник

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Зростання бойової насиченості зони операцій, розвиток засобів радіоелектронної протидії та необхідність швидкої адаптації до змін обстановки потребують удосконалення підходів до проектування та експлуатації БпЛАК.

Безпілотні авіаційні комплекси виконують широкий спектр завдань: повітряна розвідка та цілевиявлення з використанням високочутливих оптико-електронних систем; ударні дії завдяки інтеграції високоточної зброї та боєприпасів барражуючого типу; ретрансляція та створення комунікаційних каналів, що забезпечує стійкість управління військами; радіоелектронна боротьба, включно з постановкою перешкод та придушенням каналів зв'язку противника.

Серед ключових технічних напрямків розвитку безпіотної авіації слід виділити:

удосконалення сенсорних систем для збільшення дальності, точності та стійкості спостереження;

інтеграцію БпАК у єдині інформаційні контури управління, що дозволяє забезпечити оперативну сумісність із іншими видами та родами військ;

підвищення завадостійкості каналів управління та телеметрії через застосування захищених протоколів, адаптивного перестроювання частот та автономних режимів;

розвиток ударних безпілотних платформ із розширеними можливостями ураження та мінімальною сигнатурою;

упровадження технологій ройової взаємодії, що забезпечують синхронізовані дії великої кількості малих апаратів.

ЧИННИКИ ЕФЕКТИВНОСТІ СПІЛЬНОГО ЗАСТОСУВАННЯ ПІЛОТОВАНОЇ ТА БЕЗПІЛОТНОЇ АВІАЦІЇ

*Р.М. Джус, к.т.н., с.н.с.; С.В. Резніков; М.Р. Мазунов
Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

У сучасному світі використання пілотованих та безпілотних літальних апаратів (БпЛА) є важливою складовою технологічних досягнень в авіації та військовій сфері. Однак, для досягнення максимальних результатів, важливо не лише використовувати ці апарати окремо, а й інтегрувати їх у єдину систему.

У доповіді виконано детальний аналіз організаційно-технічних та військово-економічних чинників, які впливають на якість та ефективність спільного виконання завдань пілотованою та безпілотною авіацією. За результатами аналізу фактів, що впливали на організацію спільного бойового застосування пілотованих і безпілотних авіаційних комплексів (БпАК) у збройних конфліктах останніх років встановлено, що: для організації ефективного спільного бойового застосування пілотованих і БпАК потрібно мати систему управління ПС, яка забезпечить пункти управління усією потрібною оперативно-

тактичною інформацією у реальному масштабі часу; бойові можливості літаків з ураження наземних об'єктів значно перевищують можливості безпілотної авіації; одною з головних переваг БпЛА є те, що більшість з них не мають потреби у аеродромах з штучними злітно-посадочними смугами, які противником вважаються об'єктами першочергового ураження; бойова підготовка особового складу підрозділів безпілотної авіації потребує значно менших витрат ніж підрозділи тактичної авіації, вимоги до забезпечення експлуатації БпЛА значно нижчі ніж для пілотованої авіації; вибір раціональних форм та способів бойового застосування змішаних формувань визначається комплексним критерієм “ефективність - втрати - вартість”.

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ АКР КЛАСУ “ПОВІТРЯ-ПОВІТРЯ” ЩОДО УРАЖЕННЯ ЗРАЗКІВ БпЛА ТИПУ “SHAHED-136”

*А.О. Маховський; Д.О. Березицький; А.С. Хижняк
Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Досвід сучасних військових конфліктів, особливо в умовах розв'язаної широкомасштабної війни росією проти Української держави, свідчить про зростаючу роль безпілотної літальної апаратури (БпЛА) як засобу розвідки та високоточного ураження.

Однією з ключових складових сучасної системи протиповітряної оборони (ППО) для боротьби з БпЛА, особливо на критично важливих напрямках, є винищувальна авіація, що має на озброєнні авіаційні керовані ракети (АКР) класу “повітря-повітря”.

Ці ракети, розроблені переважно для знищення високошвидкісних маневрених пілотованих цілей, вимушено адаптуються для ураження малорозмірних, низькошвидкісних та маломаневрених БпЛА, типу “Shahed-136”, що створює низку технічних та тактичних викликів.

Метою дослідження є визначення та аналіз впливу ключових факторів в тому числі таких як швидкість і помітність на можливість бойового застосування тобто перехоплення та ураження БпЛА даного типу існуючими АКР класу “повітря-повітря”.

На основі накопиченого досвіду бойового застосування та шляхом проведення відповідних аналітичних розрахунків визначено орієнтовні можливості існуючих виробів АКР класу “повітря-повітря” щодо ураження зразків БпЛА типу “Shahed - 136”.

ВИСОТНІ СТРАТОСФЕРНІ ПЛАНЕРИ ЯК ПЛАТФОРМИ ДЛЯ БАГАТОРІВНЕВИХ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ

І.В. Артьомов

Національний аерокосмічний університет

“Харківський авіаційний інститут”

У сучасних умовах зростаючої кількості задач моніторингу, спостереження та виявлення об’єктів у важкодоступних або розосереджених регіонах зростає інтерес до використання висотних стратосферних планерів як довготривалих платформ. Здатність перебувати у повітрі на висотах більше 20 км тривалий час без витрат пального відкриває нові можливості для створення ефективних систем аерокосмічного спостереження і розвідки.

Багаторівнева архітектура таких систем інтегрує орбітальний, стратосферний і навколосферний домени, створюючи узгоджену мережу спостереження та збору даних з високою точністю і безперервністю.

Висотні стратосферні планери слугують платформою тривалого спостереження з високою стабільністю положення та виконують роль ключового комунікаційного вузла, що забезпечує передачу даних між орбітальним і навколосферним сегментами. Для живлення систем на борту використовуються сонячні батареї, а підтримання польоту забезпечується завдяки динамічному плануванню в атмосферних потоках. На відміну

від супутників, які рухаються по орбіті і можуть лише періодично охоплювати певну територію, планери забезпечують безперервне цілодобове спостереження з високою просторовою роздільною здатністю. Крім того, перебування у стратосфері робить їх малопомітними для систем виявлення, що підвищує ефективність розвідки та моніторингу у важкодоступних або потенційно небезпечних зонах.

Таким чином, висотні стратосферні планери можуть стати ключовою платформою для безперервного високоточного спостереження та надійної передачі даних у багаторівневих аерокосмічних системах.

ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКТИВНИХ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ, РЕАЛІЗОВАНИХ В БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТАХ

“SHANED-136 (ГЕРАНЬ-2)”

*С.М. Бачурін; В.С. Мірзоєв; О.Л. Кручковський; В.П. Волков
Державний науково-дослідний інститут випробувань
і сертифікації озброєння та військової техніки*

За досвідом російсько-української війни простежується постійне зростання кількості дольової участі БпЛА при вирішенні завдань щодо нанесення ударів по військовим та цивільним об'єктам. Одним із таких БпЛА є ударні БпЛА “Shahed-136 (Герань-2)”.

За результатами досліджень трофейних зразків БпЛА “Shahed-136 (Герань-2)”, відслідковуються реалізація на них нових конструктивних та технологічних рішень.

БпЛА спроектовані для застосування по наземним цілях та виробляються з пріоритетом на: низьку собівартість одиниці виготовлення для масового застосування (через просту конструкцію, уніфікацію і дешеві технології); простоту конструкції для швидкого виготовлення й ремонту (модульність, доступні матеріали, мінімум складних механічних деталей); відносно прості системи наведення, достатню дальність

застосування та автономність для виходу на об'єкт ураження (використовуються доступні електронні компоненти та прості алгоритми управління).

Еволюція моделей БПЛА відбувалася в напрямку уніфікації компонентів та удосконалення систем наведення без суттєвого зростання собівартості.

СТАБІЛІЗАЦІЯ ОЗБРОЄНИХ БПЛА ПІД ЧАС СТРІЛЬБИ: СУЧАСНІ ПІДХОДИ

М.В. Жук; М.О. Сорочкін; Д.В. Васильченко

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Відомо що стабілізація під час стрільби реалізується двома групами методів - пасивними та активними. Пасивні системи базуються на конструкційних і механічних рішеннях, спрямованих на зменшення переданого імпульсу. Зокрема, Prasad, Asokan і Nayak (2023) розробили систему пружно-гідравлічного демпфування, яка знижує віддачу на 60%, що робить її ефективною для малих дронів. Gümüşel, Asar і Yetgin (2023) підтвердили результативність пневматичних демпферів для кулеметів калібру 12,7 мм, забезпечивши відхилення корпусу не більш як на 5°. Nelson & Siva (2023) продемонстрували, що використання композитів і гнучких вузлів зменшує передачу імпульсу на несучу раму на 25–30%. Перевагами пасивних систем є простота, низька вартість і надійність, проте вони малоефективні при стрільбі під різними кутами або під час руху.

Активні методи базуються на сенсорних і керуючих системах, що компенсують віддачу в реальному часі. Zhang і Taha (2017) запропонували адаптивний метод back-stepping control, який регулює швидкість повітряних гвинтів за даними гіроскопів і акселерометрів. Liu et al. (2024) інтегрували гіростабілізовану турель із нейронною мережею, яка прогнозує імпульс віддачі на кожен постріл, забезпечуючи стабільність навіть під час

маневрування. Недоліками таких систем є складність реалізації та значне енергоспоживання.

Отже, найефективнішим напрямом розвитку є синтез пасивного демпфування та активного керування, заснованого на сенсорних системах і алгоритмах штучного інтелекту.

ІНТЕГРАЦІЯ FPV-ДРОНІВ З НАЗЕМНИМИ РОБОТИЗОВАНИМИ КОМПЛЕКСАМИ ЗАДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕВАКУАЦІЇ, ЗАХИСТУ ТА ВОГНЕВОЇ ПІДТРИМКИ

С.О. Калініченко; Ю.П. Волков, к.т.н.

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Наземні роботизовані комплекси (НРК) активно застосовуються у ЗСУ для евакуації поранених, особливо з небезпечних зон, де прямий доступ людини загрожує життю. Інтеграція FPV-дронів (first-person-view) з такими НРК дозволяє здійснювати розвідку в реальному часі й забезпечує операторів відео з “очей дрона”, що підвищує ситуаційну обізнаність на місцевості.

За допомогою FPV-дронів можна вражати цілі, до яких НРК фізично не може дістатися через перешкоди або складну місцевість. Це не тільки створює додатковий захист для самого НРК, самі FPV-дрони можуть виступати як “повітряний щит”, виявляючи загрози й забезпечуючи прикриття. FPV-дрони можуть працювати як ударні (наприклад, як дрони-камікадзе), що дає НРК здатність вести вогонь без необхідності мати на ньому важку зброю.

Поєднання повітряних і наземних систем створює мультикомплексний підхід — дрони проводять розвідку та вогневу підготовку, а НРК виконують евакуацію або доставку спорядження. Такий підхід знижує ризики для військовослужбовців які піддаються небезпеці під час екстракції поранених або ведення вогню.

Наразі розвиток НРК для евакуації поранених підтримується на високому рівні, що підтверджує стратегічну цінність таких систем. Таким чином, поєднання FPV-дронів із наземними роботами є перспективним рішенням, яке не лише підвищує виживаність підрозділів, але й розширює тактичний потенціал НРК.

РОБОТА ОРГАНІВ УПРАВЛІННЯ ЩОДО ПЛАНУВАННЯ МАРШРУТУ ПОЛЬОТУ БЕЗПІЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ “DEEP STRIKE”

О.А. Ківишар; Ю.В. Олійник; Г.П. Косенко

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Останній досвід ведення бойових дій показує, що актуальною постає проблема планування маршрутів польоту для безпілотних літальних апаратів (БпЛА) Deep Strike сил оборони України. Під концепцією Deep Strike розуміється цілеспрямоване ураження критично важливих об'єктів противника поза безпосередньою лінією фронту з метою системного зниження його бойової спроможності.

На теперішній час планування маршруту польоту для БпЛА Deep Strike проводиться на розсуд командирів відповідних підрозділів та штабів з урахуванням певної розвідувальної інформації. За досвідом російсько-української війни, відсоток втрати своїх БпЛА є дуже великим, приблизно 60-70 відсотків. Тому актуальним є розробка методів планування маршрутів польоту для БпЛА Deep Strike.

В дослідженні в основу планування маршрутів польоту БпЛА Deep Strike покладено один з алгоритмів ройового інтелекту, а саме мурашиний алгоритм, який імітує поведінку мурах. Задача планування за допомогою даного алгоритму вирішується як задача на графі. Тобто операційне поле представлено як граф, де вузлами графу є усі можливі точки маршруту, включаючи поворотні. Кінцева точка маршруту це об'єкт удару. А ребра (дуги) графу це ймовірні напрямки руху БпЛА.

Зазначені всі обмеження та припущення щодо вирішення задачі прокладання маршруту руху БпЛА Deep Strike.

Проведено експериментальні дослідження щодо прокладання маршруту руху БпЛА класичним мурашиним алгоритмом. Проведена оцінка ефективності запропонованого підходу. Запропоновано в подальшому дослідженні розглянути модифікації класичного мурашиного алгоритму, а саме елітарного та макс-мінного мурашиного алгоритму.

ВИЯВЛЕННЯ ТА ІДЕНТИФІКАЦІЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ЯК КЛЮЧОВИЙ АСПЕКТ У БОРЬБИ З НИМИ

О.І. Луцевят

Центральний науково-дослідний інститут ЗС України

Технічні рішення, що реалізовані в конструкції безпілотних літальних апаратів (БпЛА), з одного боку створюють суттєві переваги (бойові характеристики, низьку вартість, доступність технологій, адаптивність та масовість застосування), з іншого – є факторам, що дозволяють розглядати БпЛА як об’єкт виявлення, ідентифікації та цілевказання.

Розміри, зовнішній вигляд, аеродинамічні схеми, перелік бортового обладнання та результати його функціонування роблять існуючі БпЛА достатньо контрастною цілю для виявлення, ідентифікації та цілевказання наступними засобами:

радіолокаційними станціями міліметрової (30–300 ГГц) та сантиметрової (3–30 ГГц) довжини хвиль;

оптико-електронним обладнанням, що працює з випромінюванням видимого (380–770 нм), лазерного (0,2 до 1000 мкм) та інфрачервоного (770 нм–1 мм) діапазону хвиль;

радіотехнічними засобами, що здатні виявляти випромінювання під час роботи обладнання та елементів систем БпЛА (зв’язку, навігації, радіолокації, радіоелектронної боротьби);

акустичними засобами для виявлення БпЛА за роботою їх двигуна (особливо реактивного чи внутрішнього згорання) та повітряного гвинта.

У зв'язку з широким різноманіттям існуючих БпЛА, одного універсального та ефективного засобу їх виявлення (ідентифікації, цілевказання) не існує. Досягнення необхідних ефектів щодо виявлення БпЛА можна забезпечити застосовуючи комбінацію певної сукупності систем виявлення. Розглянуті вище засоби виявлення БпЛА мають різні способи реалізації та функціонування, а також характеризуються власними перевагами, недоліками та обмеженнями.

НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ ІННОВАЦІЙ УДАРНИХ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Ю.О. Лазаренко; О.Є Соннік; М.П. Гречаний

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

З аналізу розвитку інноваційних рішень (технологій) в сучасних проєктах ударних безпілотних літальних апаратів (далі – БпЛА) з'ясовано, що війна в Україні стимулює як модернізацію існуючих платформ (Ту-141 “Стриж”, “Bayraktar TB2”, тощо), так і створення нових (БпЛА мультироторного типу “Укропчик”, “Тромило”; мультикоптери-бомбери “Вампір”, “Кажан”; баражуючі боеприпаси “UAS SETH”, “Булава”; БпЛА дальньої дії “Лютий”, “Морок”; ракети-дрони “Рута”, “Паляниця” тощо), які забезпечують підвищення спроможностей ЗС України.

На основі аналізу джерел відкритої інформації, досліджень в межах оперативних завдань та експертиз проєктів, зібрані дані зразків ударних БпЛА, виконані порівняння основних зразків, систематизовані результати досліджень і визначені напрямками розвитку інновацій, а саме:

– навігація (завадозахищені модулі супутникової навігації, інерціальні навігаційні модулі, технологія маякового способу навігації, технологія геолокації на основі стільникової мережі, оптична навігація);

- керування БпЛА (захищені канали зв'язку, технології на оптоволокну, через ретранслятор, супутниковий зв'язок);
- автономність польоту БпЛА (потужні мікропроцесори, програмне забезпечення, плати донаведення на ціль, елементи штучного інтелекту, машинний зір, датчики та сенсори (виявлення, ідентифікація, класифікація));
- зниження радіолокаційної та акустичної помітності (радіопрозорі матеріали, аеродинамічні форми, профілі польоту, електродвигуни);
- стійкість до впливу засобів радіоелектронної боротьби;
- модульність конструкції БпЛА та відкрита архітектура (зміна модулів під конкретне завдання), відкрита архітектура (інтегрування різних сенсорів та засобів зв'язку, незалежність від одного виробника);
- розвиток мультисенсорних платформ (оптичні, акустичні, радіолокаційні, лазерні, магнітні тощо);
- збільшення дальності та часу польоту (потужні акумулятори, сонячні панелі, водневі паливні елементи, вдосконалена аеродинаміка, режими планування);
- інтеграція в спеціалізовані екосистеми (РУК, “рої”, РТР, РЕР, РЕБ, РХБЗ, ретранслятори, з БпНК тощо).

Таким чином, розвиток ударних БпЛА ЗС України пов'язаний з впровадженням інноваційних технологій автономного польоту, модульних конструкцій, підвищенням стійкості до впливу засобів РЕБ та локалізацією вітчизняного високотехнологічного виробництва.

OSINT-АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ БпЛА У РОСІЙСЬКО-УКРАЇНСЬКІЙ ВІЙНІ (2022–2025 рр.)

О.М. Сорочкін; Д.І. Кравченко; Ю.В. Шелест

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Російсько-українська війна стала переломним етапом у розвитку військових технологій. Безпілотні літальні апарати (БпЛА), які раніше виконували допоміжну функцію розвідки, перетворилися на

один із головних інструментів ведення бойових дій. За даними аналітичних звітів Molfar та GeoConfirmed, кількість зафіксованих атак із використанням дронів зросла більш ніж у чотири рази порівняно з початком війни. Відкриті джерела інформації (OSINT) дозволяють дослідникам і військовим аналітикам у реальному часі відстежувати динаміку бойових дій, типи застосованих дронів, тактику їхнього використання й наслідки атак.

Метою дослідження є систематизація OSINT-даних щодо використання БПЛА у російсько-українській війні та аналіз еволюції технологій за період 2022–2025 років.

Застосовано чотири основні методи: контент-аналіз для класифікації типів дронів і цілей, геолокацію для визначення місць атак за супутниковими знімками, хронологічне порівняння кількості атак і втрат техніки та верифікацію, яка передбачала співставлення відеоматеріалів із супутниковими знімками й офіційними звітами ЗСУ.

У результаті було виявлено чітку динаміку розвитку безпілотних систем. У 2022 році близько 15% усіх атак здійснювалися з використанням БПЛА типу Bayraktar TB2 та Orlan-10. У 2023 році цей показник зріс до 35%, коли активно почали застосовуватись комерційні FPV-дрони, модифіковані для ударних цілей. У 2024 році частка атак із використанням дронів сягнула 50%, а у 2025 році перевищила 60%.

Результати аналізу свідчать про формування нової парадигми ведення війни, яку можна назвати “data-driven combat” — війни, де дані відіграють не меншу роль, ніж зброя. OSINT дозволяє оперативно виявляти нові типи дронів, оцінювати ефективність FPV-ударів (за аналітикою відео — до 85% влучань по цілі) та прогнозувати технологічні зміни, зокрема перехід до напівавтономних систем управління.

Водночас методи OSINT мають обмеження. Серед основних ризиків - дезінформація, відсутність повної геолокації, фальсифіковані відео. Тому дані з відкритих джерел потребують постійної перевірки через незалежні платформи, такі як Bellingcat чи Sentinel.

У підсумку можна стверджувати, що використання OSINT-методів дає можливість відтворити реальну картину розвитку безпілотної війни в Україні. Україна стала лідером у впровадженні тактичних FPV-дронів і колективних систем управління. Відкриті дані виявилися стратегічним ресурсом, який забезпечує інноваційність, гнучкість і швидку адаптацію до умов сучасного полю бою. Подальші дослідження мають бути спрямовані на автоматизацію OSINT-збору, розробку неймереж для класифікації бойових відео та вивчення етичних аспектів відкритої військової аналітики.

РОЛЬ БпЛА У ПРОТИДЕСАНТНИХ ОПЕРАЦІЯХ

І.М. Сила; О.І. Бойченко; С.В. Аргунов

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

Сучасні театри бойових дій демонструють зростаючу потребу в безпілотних авіаційних системах (БпАС) як засобу раннього виявлення, перешкоджання і ураження засобів висадки та десантування противника.

Категорії задач для БпАС у контр-десантній боротьбі полягають у розвідці і спостереженні (ISR), цілевказівка, коригування вогню та нанесення ураження. Синергія датчиків і аналітики — поєднання електрооптичних, інфрачервоних і радіолокаційних даних з автоматизованою обробкою дозволяє скоротити час виявлення та підвищити достовірність ідентифікації десантних засобів.

Ударні можливості БпАС (категорії ударних платформ) як засіб ураження перевантажених пунктів висадки, плацдармів і транспортних вузлів — ефективність зростає за умови точної розвідки та синхронізації з іншими видами сил.

Масштабування: від одиночних платформ до кооперативних груп/“роїв” — розподілені сценарії підвищують ймовірність прориву протидії і дають можливості одночасного впливу на кілька об’єктів десантування.

Взаємодія з наземними підрозділами та ППО через інтеграцію БпАС в систему оперативного управління дозволяє скоординовано

застосувати зусилля по нейтралізації висадки та десантування противника.

РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ОПЕРАТИВНОСТІ ОБРОБКИ ДАНИХ ПОВІТРЯНОЇ РОЗВІДКИ З УРАХУВАННЯМ ДОСВІДУ ВЕДЕННЯ БОЙОВИХ ДІЙ

*О.С. Шеремет; Г.Б. Ейдельштейн; О.Г. Галєпа
Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Досвід бойових дій на території України показав, що повітряна розвідка створює великі масиви електрооптичних, інфрачервоних, радарних знімків та мультиспектральних даних. Обробка цих даних у реальному часі перевищує можливості центрів обробки інформації, що призводить до затримок у прийнятті рішень штабами. Використання технологій штучного інтелекту дозволить автоматизувати первинну обробку фото-відеозображень, а саме виявлення та класифікацію об'єктів інтересу, скорочуючи час для прийняття рішення.

Застосування сучасних методів машинного навчання, оптимізація алгоритмів під конкретні технічні умови та інтеграція з існуючими системами обробки інформації дають можливість значно підвищити оперативність обробки даних повітряної розвідки, забезпечуючи відповідність сучасним вимогам керівних документів.

В розробці алгоритмів, побудованих на основі однопрошових згорткових нейронних мереж, у контексті забезпечення обробки даних повітряної розвідки в режимі реального часу, більш доцільно використовувати архітектури YOLOv11 для подальшої розробки моделі автоматизованого виявлення та розпізнавання об'єктів повітряної розвідки.

Тому використання штучного інтелекту суттєво підвищує оперативність обробки даних повітряної розвідки, що скорочує час щодо оперативного прийняття рішень у бойових умовах.

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ПІДХОДИ ДО ПЛАНУВАННЯ МАРШРУТІВ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ В УМОВАХ СУЧАСНОГО БОЙОВОГО СЕРЕДОВИЩА

І.С. Жук

Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії

Безпілотні авіаційні комплекси (далі – БпАК) сьогодні є одним із найважливіших засобів для виконання широкого спектра завдань у сфері оборони. Їхня роль у сучасних бойових діях постійно зростає, оскільки вони дозволяють здійснювати ураження, розвідку, коригування вогню, пошук і рятування, а також доставку вантажів із мінімальним ризиком для особового складу. Ефективність застосування БпАК значною мірою залежить від правильного планування маршрутів, що дає змогу забезпечити оптимальне покриття території, уникнути зон високого ризику, обійти природні або штучні перешкоди та знизити ймовірність виявлення противником.

У процесі планування маршрутів необхідно враховувати низку чинників, серед яких: тип місцевості, погодні умови, наявність засобів протиповітряної оборони, електронних перешкод, обмеження дальності зв'язку, запас енергії та висотні обмеження. Сучасні бойові умови характеризуються високим рівнем динамічності, тому маршрути повинні бути адаптивними, тобто здатними змінюватися у реальному часі у відповідь на зміну обстановки. Для цього дедалі активніше застосовуються технологія штучного інтелекту (далі – ШІ), використання якої надає можливість аналізувати дані, прогнозувати ризики та автоматично ухвалювати рішення під час польоту.

Серед найбільш перспективних підходів до планування маршрутів є методи підкріплювального навчання (Reinforcement Learning) та глибокого підкріплювального навчання (Deep Reinforcement Learning). Вони дозволяють безпілотникам навчатися на основі попереднього досвіду, реагувати на непередбачувані події та самостійно знаходити оптимальні траєкторії з урахуванням наявних обмежень. Наприклад, вказані алгоритми можуть без

втручання оператора коригувати маршрут у разі появи раптових перешкод, зон радіоелектронного впливу або змін погодних умов.

Окремий напрямок розвитку безпілотних систем пов'язаний із координацією дій між кількома БпАК, тобто створенням так званих “роїв дронів”. Такі системи діють як єдиний інтелектуальний організм, у якому кожен апарат виконує частину спільного завдання. Використання розподілених алгоритмів дозволяє координувати роботу кількох апаратів без постійного централізованого управління, що підвищує стійкість системи у випадку втрати зв'язку. Координація рою забезпечується спеціальними протоколами обміну даними, які підтримують синхронність дій навіть за умов перешкод. Це особливо важливо в умовах радіоелектронної боротьби, коли зв'язок може бути обмеженим або повністю заблокованим.

Серед актуальних викликів сучасного середовища – втручання у навігаційні системи (GPS-джемінг, спуфінг). У таких умовах активно розвиваються технології навігації без GNSS, що базуються на поєднанні інерційних систем (ІНС), візуальної навігації (оптичного потоку, SLAM), лазерних далекомірів і магнітних сенсорів. Таке поєднання забезпечує високу точність позиціонування навіть за відсутності супутникового сигналу. Крім того, важливу роль відіграє сенсорна фузія, тобто об'єднання даних із різних джерел для підвищення надійності рішень.

Під час планування маршрутів дедалі більшого значення набуває інтеграція розвідувальних даних. Завдяки використанню супутникових знімків, геопросторових баз даних та інформації від інших платформ можна заздалегідь виявити потенційно небезпечні зони й оптимізувати траєкторію польоту. Це не лише зменшує час виконання завдання, а й підвищує ймовірність його успішного завершення.

Отже, розвиток інтелектуальних алгоритмів, автономної навігації та кооперативного управління безпілотними авіаційними комплексами відкриває нові можливості для підвищення ефективності їхнього використання. Застосування таких систем дозволяє мінімізувати ризики для техніки, забезпечити гнучкість дій і скоротити час на виконання розвідувальних або пошукових завдань.

НАПРЯМ №2

ДОСВІД ІНЖЕНЕРНО-АВІАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ БпАК ТА ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ БпЛА В УМОВАХ АКТИВНОЇ ПРОТИДІЇ ПРОТИВНИКА

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ БОРТОВИХ СТАНЦІЙ РАДІОТЕХНІЧНОЇ РОЗВІДКИ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

*А.С. Риб'як, к.т.н., с.н.с.; М.М. Берлізова; В.О. Попенко
Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Проведено аналіз принципів побудови та основних тактико-технічних характеристик сучасних бортових станцій радіотехнічної розвідки (РТР), які встановлюються на безпілотні літальні апарати (БпЛА) оперативного та стратегічного рівня, що розроблені підприємствами провідних у військовому відношенні країн світу.

На сучасних безпілотних літальних апаратах оперативного та стратегічного рівня для виявлення, розпізнавання та визначення координат джерел радіовипромінювання (радіолокаційних станцій, засобів радіоелектронної боротьби тощо) використовуються складні засоби, які забезпечують ведення повітряної РТР діапазоні спектру від 0,5 ГГц до 18 ГГц з можливістю опційного розширення до 40 ГГц. При цьому відмінною рисою зазначених засобів є відносно малі вага та габарити, багатоканальність, що забезпечує високу завадозахищеність, а також модульність, яка забезпечує можливість модернізації окремих складових.

Показано, що основними тенденціями розвитку сучасних бортових засобів повітряної РТР БпЛА є такі:

- застосування фазових інтерферометрів та складної обробки сигналів для виявлення координат джерел радіовипромінювання (ДРВ);

- обробка сигналів ДРВ в реальному масштабі часу;
- використання сучасних методів цифрової обробки радіосигналів;
- використання сучасних алгоритмів автоматичного розпізнавання ДРВ.

METHODS AND MEANS OF ENSURING THE SURVIVAL AND PROTECTION OF UNMANNED AIRCRAFT

A. Biekairov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

R. Radionov; O. Motronenko

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

In modern conditions of combat operations, the use of unmanned aerial vehicles (UAVs) plays a very important role. With the help of UAVs, the tasks of ensuring combat operations and military security are solved. But the vulnerability of UAV remote control systems (RCS) is a disadvantage that is of very high importance. Therefore, ensuring the survivability and protection of UAV RCS is a very urgent issue.

Organizations involved in the development of UAV RCS are constantly conducting research on its improvement or new developments. Let's consider some of them.

The Enerdyne organization has developed a method of a constant communication signal with a conventional modulation frequency of signals "GMSK". This was used for programmable modems of tactical aircraft systems EnerLinksIII. The developers are introducing the possibility of reprogramming EnerLinksIII for digital modulation methods. Such innovation indicates that the prospects of digital data transmission technologies are a pressing issue of our time. In particular, it is the digital versions of EnerLinks that are used by DRS Technologies during the modernization of its Sentry and Neptune UAVs.

Cobham Surveillance (GMS Products) promotes a communication system based on DVB-T signals with C-OFDM modulation and a hexagonal antenna array. Their system operates in the frequency

ranges from 1.7 to 2.5 GHz, thanks to such a hexagonal antenna array built into the device. And this allows you to provide communication with mobile signal sources.

USING FPV DRONES FOR RETRANSMISSION OF CONTROL SIGNALS

*A. Biekirov¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
G. Sigaylo¹; A. Tolstynov²*

¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;

²The Airplane Clinic

The use of FPV drones in modern combat conditions is very effective due to such advantages as: small size, low cost compared to other unmanned aerial vehicles (UAVs), stealth, accuracy of strike, speed of deployment of a combat group and its movement to the desired area. Such a drone can destroy a combat unit that will be hundreds of times more expensive than it.

Along with the advantages, FPV drones have a significant disadvantage - this is a limited range. Over the three years of using FPV drones, their range has increased from 3 km to 25 km. Therefore, the issue of increasing the range of an FPV drone is a very relevant matter.

The range of an FPV drone depends on the following factors: battery capacity, power of the receiving and transmitting equipment, terrain and obstacles on the ground, as well as the presence of a repeater. A repeater located at a certain height is a key factor in increasing the range of an FPV drone. The main task of the repeater is to maintain the signal from the operator when the drone descends close to the ground.

It is proposed to use an FPV drone to lift a repeater, which will ensure the operation of other FPV drones at a distance of more than 25 km. The repeater is placed in a special case, which also houses the drone's electric motor power supply system and the equipment control system. The repeater drone is controlled either by an operator who can be located at a great distance in a safe city, or by a pre-configured

program. The deployment speed of this design is very high. The repeater drone is placed in a special container on the ground and is activated by the command of the operator who is located in a safe city.

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ
АЕРОДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК БОЄПРИПАСІВ
БПЛА В УМОВАХ МОДЕРНІЗОВАНОЇ
АЕРОДИНАМІЧНОЇ ТРУБИ ТН-1**

Є.О. Українець, д.т.н., професор;

А.В. Мостовий; К.К. Мироненко

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Масове застосування ударних БПЛА у сучасній війні висуває підвищені вимоги до точності ураження цілей. Однак, ефективність виконання бойових завдань часто знижується через використання боєприпасів з імпровізованими стабілізаторами, які виготовляються без належного аеродинамічного обґрунтування. Це призводить до значного розсіювання при скиданні та втрати стійкості на траєкторії. Для забезпечення високої достовірності досліджень цих явищ проведено комплексну модернізацію аеродинамічної труби ТН-1. Ключовим етапом стало проектування та інтеграція нового вхідного пристрою за профілем Лемніскати Бернуллі, виготовленого із застосуванням адитивних технологій. Це технічне рішення дозволило усунути вхідні відривні течії та мінімізувати початкову турбулентність потоку.

На оновленій експериментальній базі досліджено серію моделей хвостовиків (з кутом розкриття конуса 30° – 180°). Для ідентифікації структури примежового шару застосовано комбіновану методику: безконтактну тепловізійну зйомку, що фіксує зони відриву через зміну інтенсивності теплообміну, та візуалізацію методом шовковинок. Експериментально доведено, що граничним кутом аеродинамічної ефективності є 45° . Встановлено, що моделі з кутом розкриття до 30° зберігають

режим безвідривного обтікання, гарантуючи стабілізацію боєприпасу. Водночас, збільшення кута понад 45° спричиняє лавиноподібне зростання зон відриву, які при кутах 90° – 180° охоплюють усю поверхню, перетворюючи стабілізатор на аеродинамічне гальмо з хаотичним вихровим слідом. Отримані результати дозволяють підвищити бойову ефективність засобів ураження БпЛА шляхом оптимізації їх геометричних характеристик.

ОСОБЛИВОСТІ ВИЯВЛЕННЯ ТРАЄКТОРІЇ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ НА ВЕЛИКІЙ ДАЛЬНОСТІ РАДІОЛОКАЦІЙНОГО СПОСТЕРЕЖЕННЯ

В.Д. Карлов¹, д.т.н., професор;

О.Л. Кузнєцов¹, к.т.н., доцент; А.О. Бєсова²

*¹Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба;*

² Харківський національний університет радіоелектроніки

Використання малих висот польоту безпілотними літальними апаратами (БпЛА) суттєво зменшує дальність прямої видимості радіолокатору. Виявлення БпЛА на дальності, що перевершує дальність прямої видимості, стає можливим завдяки явищу тропосферної надрефракції.

При достатньо стабільному надрефракційному розповсюдженні радіохвиль виникають умови взяття БпЛА на супроводження, тобто переходу від первинної до вторинної обробки радіолокаційної інформації.

Внаслідок того, що імовірність виконання БпЛА складного маневрування на великих дальностях є досить низькою, основним фактором, який знижує якість обробки радіолокаційної інформації є фазові флуктуації радіолокаційного сигналу, що обумовлені впливом тропосферних неоднорідностей.

Метою доповіді є дослідження впливу флуктуацій фазового фронту хвилі радіолокаційного сигналу на якість виявлення траєкторії БпЛА.

В доповіді проаналізовано особливості виявлення траєкторії БпЛА на великих дальностях радіолокаційного спостереження в умовах фазових флуктуацій радіолокаційного сигналу. З практичної точки зору, отримані результати дозволяють визначати умови за якими узяття БпЛА на супроводження на великих дальностях радіолокаційного спостереження є доцільним.

ОГЛЯД СУЧАСНИХ ПІДХОДІВ ДО СИСТЕМ КЕРУВАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

В.Д. Карлов, д.т.н., професор; А.О. Ковальчук, к.т.н., доцент;

О.В. Бессова, к.т.н., старший дослідник

Харківський національний університет Повітряних Сил

ім. Івана Кожедуба

На сьогоднішній день безпілотні літальні апарати (БпЛА) зайняли провідне місце, як при виконанні цивільних, так і військових завдань, та за своїми розмірами можуть різнитися від декількох сантиметрів до десятків метрів. Політ БпЛА часто супроводжується підвищеною турбулентністю, яка виникає через близькість до земної поверхні, і це суттєво зменшує ефективність системи автоматичного керування, адже в навколишньому середовищі присутня маса випадкових збурень з невизначеними параметрами. Проблема стабілізації БпЛА та одночасного дотримання встановлених параметрів польоту під дією невизначених зовнішніх впливів, таких як пориви вітру і турбулентність, досі вирішується лише частково.

У доповіді проаналізована можливість використання основ теорії адаптивного керування польотом, які поєднують одночасно оцінку характеристик збурень і застосування прогностичних моделей. Показано, що адаптивне керування польотом БпЛА дозволяє підтримувати стабільність параметрів БпЛА за допомогою засобів системи управління навіть при виникненні невизначеності. Обґрунтовано, що недоліком такої схеми є потреба у значних ресурсах для попереднього навчання

нейронної мережі, підбору навчальних даних, а також наявність модуля збереження інформації, що у показники, коли дані для навчання мережі попередньо підготовлені, проте за умов сильної невизначеності вона не гарантує підтримання параметрів системи з заданою точністю. Також пропонується впровадження нейронних мереж у ролі адаптивних модулів автоматичного керування. У доповіді зроблено виводи о том що існуюча технологія управління польотом не є повністю адекватною для роботи із значними невизначеностями і невідомими відмовами компонентів та аномаліями.

ОСОБЛИВОСТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОРОТКОХВИЛЬОВОГО РАДІОЗВ'ЯЗКУ В УМОВАХ ВПЛИВУ НЕОДНОРІДНОСТЕЙ ІОНОСФЕРИ

В.Д. Карлов, д.т.н., професор; О.Л. Кузнєцов, к.т.н., доцент;

О.В. Лукашук, к.т.н., доцент; Н.Ю. Більчіч

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Короткохвильовим вважається радіозв'язок в діапазоні від 3 до 30 МГц. Основною перевагою даного радіозв'язку є можливість використання ефекту відбиття радіохвиль від іоносфери. Іоносферні радіохвилі використовують для забезпечення радіозв'язку на великі дальності. При цьому процеси, які відбуваються в іоносфері, тісно пов'язані як з сонячною активністю, так і з процесами в магнітосфері, а також з варіаціями магнітного поля Землі та рухами верхньої атмосфери. Тобто іоносфера є нестационарним анізотропним середовищем. Нестационарність визначає зміну в часі параметрів іоносфери протягом доби, в залежності від пори року і циклу сонячної активності. а властивість анізотропії обумовлено наявністю магнітного поля Землі, що викликає поляризаційні замирання радіосигналу. а властивість анізотропії обумовлено наявністю магнітного поля Землі, що викликає поляризаційні замирання радіосигналу. Вказані явища є причиною виникнення суттєвих флуктуацій фазового фронту хвилі радіосигналу, який

розповсюджується крізь неоднорідності іоносфери. Дані флуктуації можна вважати мультиплікативним завадовим впливом на структуру радіосигналу. Зменшення вказаного впливу вимагає отримання статистичних характеристик флуктуацій фазового фронту хвилі радіосигналу.

В доповіді надається аналіз можливих значень статистичних характеристик фазових флуктуацій, зокрема дисперсії та радіусу кореляції. Аналізується можливий вид кореляційної функції фазових флуктуацій з урахуванням даних експериментальних досліджень. Наводяться результати чисельного оцінювання статистичних характеристик флуктуацій фазового фронту хвилі радіосигналу за якими їх вплив на зниження якості радіозв'язку є найбільш суттєвим.

ANALYSIS OF THE INTERFERENCE IMMUNITY OF CLASS II UAV RADIONAVIGATION SYSTEMS

*O.M. Barsukov, Candidate of Technical Sciences, Associate
Professor; V.P. Zynchenko*

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The rapid development of avionics in unmanned aviation, driven by the experience gained during Ukraine's war against the Russian Federation, has stimulated new designs and modernization of equipment and systems, including satellite, inertial, radio communication, and electronic computing components. Undoubtedly, the successful completion of a mission depends on the reliability of radionavigation systems, particularly on the accuracy of coordinate measurements determining the position of unmanned aerial vehicles (UAVs). However, under conditions of radio interference — such as GPS spoofing and GPS signal jamming — improving the reliability of radionavigation system operation remains a highly relevant issue.

This report is devoted to the analysis of the influence of radio interference on the quality of signal processing in UAV satellite navigation systems, using the example of the Global Navigation

Satellite System (GNSS). In addition, a variant of an algorithm for GPS spoofing detection based on nonparametric statistics is proposed.

As a result of analyzing the proposed mathematical model for detecting spoofing signals against a noise background, it can be concluded that the interference immunity of UAVs is enhanced.

ІМПЛЕМЕНТАЦІЯ НАЦІОНАЛЬНИХ СТАНДАРТІВ ОЦІНЮВАННЯ НАДІЙНОСТІ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ДО ВИМОГ СТАНДАРТІВ НАТО

І.С. Задорожний¹, д.т.н., професор;

О.М. Чередніков¹, к.т.н., доцент; О.В. Андрієнко², к.психол.н.

*¹Державний науково-дослідний інститут випробувань і
сертифікації озброєння та військової техніки;*

²Національний Університет “Чернігівська Політехніка”

В дослідженні розглянуто основні відмінності між традиційними національними підходами до оцінювання надійності та стандартизованими методиками, що застосовуються в системах STANAG, MIL-STD та інших нормативних документах країн-членів НАТО щодо удосконалення процедур випробувань та підвищення рівня документування всіх етапів життєвого циклу виробу.

Специфіка випробувань БпЛА вимагає оцінювання надійності не тільки окремих його компонентів та складових, але і також проведення перевірки здатності системи виконувати місії в різних умовах експлуатації.

Висвітлено потребу у впровадженні методик FMEA/FMECA, FRACAS, Reliability Block Diagrams та інших, які забезпечують прозорість і повторюваність процесів контролю надійності. Акцентовано на необхідності модернізації випробувальної бази та гармонізації процедур планування і фіксації результатів тестувань відповідно до міжнародних стандартів.

Визначені виклики, які пов'язані з адаптацією нормативної бази та підготовкою фахівців, які супроводжують перехід на стандарти НАТО.

ПІДВИЩЕННЯ МАНЕВРОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК БПЛА ЯК СПОСІБ ПОКРАЩЕННЯ ЇХ ЖИВУЧОСТІ

І.А. Пількевич, д.т.н., професор; І.А. Омельчук

Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова

Розвиток технологічності озброєння створює нові реалії ведення сучасних бойових дій та обумовлює впровадження в бойову практику застосування новітніх дистанційно керованих систем як наземного (БєНК), так і повітряного застосування (БпЛА). На сьогоднішній день проблема збереження БпЛА під час виконання завдань вимагає розгляду з урахуванням постійного розвитку технічних характеристик систем протиповітряної оборони противника. Тому велике значення має швидкість зміни положення БпЛА в просторі.

Метою дослідження є вдосконалення елементів конструкції БпЛА для покращення його маневреності та забезпечення живучості. Важливою складовою збереження функціонування БпЛА в бойових умовах є збільшення часу, протягом якого буде відбуватися захоплення та донаведення засобів протиповітряної оборони противника на рухомий БпЛА, а це так само можна досягнути його активним маневруванням. Отже, удосконалення динамічних характеристик БпЛА відіграє важливу роль в забезпеченні його живучості. Покращення маневрування пропонується забезпечити використанням елементів механізації крила, а саме “носика” крила, який відхиляється в поєднанні з елеронами та кермовими поверхнями стабілізаторів, що дозволить виконати більш швидкі маневри літака за умови застосування автоматичної системи управління. Методом збільшення динаміки є використання менш інерційних систем сервоприводу кермових поверхонь та способу керування їх відхиленням. Цей спосіб має бути передбачуваним та доступним для програмування на платформі з обмеженими можливостями.

РОЗРОБКА СТРУКТУРИ ПЕРСПЕКТИВНОЇ УНІФІКОВАНОЇ СИСТЕМИ ОБ'ЄКТИВНОГО КОНТРОЛЮ СТАНУ БПЛА

*В.А. Хлоп'ячий, к.т.н., доцент; Р.О. Яцків; Т.Ю. Найда
Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Зростання кількості та складності безпілотних літальних апаратів (БПЛА) потребує створення сучасних систем, здатних забезпечувати надійний і достовірний контроль їх технічного стану. Існуючі рішення часто орієнтовані на конкретні моделі апаратів, що ускладнює обслуговування та знижує ефективність аналізу польотної інформації. Тому актуальним є формування уніфікованої системи об'єктивного контролю (СОК), придатної для різних типів БПЛА.

Перспективна СОК повинна мати модульну структуру, включаючи:

- модуль первинної обробки, що виконує фільтрацію та стандартизацію параметрів;
- систему діагностики, яка виявляє відхилення та прогнозує можливі відмови;
- бортовий реєстратор, що забезпечує збереження польотних і аварійних даних.

У наземному сегменті СОК функціонує аналітичний модуль для глибокої обробки даних, побудови графіків, формування звітів і визначення тенденцій деградації систем БПЛА. Уніфікація форматів та інтерфейсів забезпечує сумісність між різними виробниками і спрощує модернізацію комплексу.

Запропонована структура підвищує рівень безпеки польотів, зменшує ризик раптових відмов, скорочує час на технічне обслуговування та дає можливість впровадження предиктивної діагностики. Така система є основою для створення стандартизованого підходу до контролю стану БПЛА у військовій та цивільній авіації.

СПОСОБИ ПОКРАЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ КОМУНІКАЦІЇ В БПЛА В УМОВАХ СУЧАСНОЇ ВІЙНИ

М.М. Дігтярь; О.О. Коршєнко

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Зростаюча роль безпілотних літальних апаратів (БПЛА) у воєнних конфліктах ХХІ століття обумовлює необхідність забезпечення стабільного та захищеного каналу зв'язку. В умовах активного використання засобів радіоелектронної боротьби (РЕБ) супротивником, традиційні системи управління БПЛА стають вразливими до завад, подавлення та спроб перехоплення. Для підвищення надійності комунікації в умовах бойових дій доцільно впроваджувати багаторівневі технічні рішення:

- мультиканальні протоколи зв'язку з автоматичним перемиканням частот для обходу завад;
- шифрування з використанням сучасних криптографічних алгоритмів, орієнтованих на захист від радіоперехоплення;
- використання автономних інерціальних навігаційних систем для короткочасної втрати зв'язку без втрати контролю над місією;
- розгортання мобільних релейних вузлів зв'язку (на інших БПЛА чи наземних станціях) для забезпечення стійкого зв'язку у складних умовах рельєфу або в зоні активного подавлення;
- інтеграція з наземними та повітряними мережами 5G/6G, що дозволяє реалізувати концепцію мережево-центричних бойових дій;
- розвиток автономних БПЛА зі штучним інтелектом, які здатні самостійно адаптувати комунікаційні параметри та маршрути у відповідь на зміну зовнішнього середовища.

Таким чином, забезпечення надійного зв'язку для БПЛА в умовах війни є завданням, яке потребує багатогранного підходу та поєднання новітніх досягнень у сфері телекомунікацій, кібербезпеки, штучного інтелекту та військової тактики.

ОЦІНЮВАННЯ ТОЧНОСТІ ПОЗИЦІОНУВАННЯ БПЛА ПРИ ВИКОРИСТАННІ GNSS ТА ІНЕРЦІАЛЬНИХ СИСТЕМ

М.М. Дігтярь; Є.О. Хмель

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Сучасні безпілотні літальні апарати (БПЛА) широко використовуються у військовій, науковій, цивільній та промисловій сферах. Для забезпечення стабільного польоту, точної навігації та автоматичного управління необхідно мати високу точність визначення координат і параметрів руху. У зв'язку з цим актуальним є завдання дослідження точності позиціонування при комбінованому використанні GNSS та ІНС.

Проведено аналіз впливу похибок вимірювань GNSS та ІНС на точність визначення просторового положення БПЛА та обґрунтовано методи їх взаємної компенсації у гібридних навігаційних системах. Розглянуто модель комбінованої навігаційної системи, у якій сигнали GNSS використовуються для корекції дрейфу інерціальних датчиків.

Суміщення GNSS та ІНС дозволяє знизити середньоквадратичну похибку визначення координат у 3–5 разів порівняно з автономною ІНС. Найбільш суттєвий ефект спостерігається при використанні адаптивної фільтрації та корекції за швидкістю. Запропонований спосіб дозволяє прогнозувати похибку положення залежно від рівня завад у GNSS-сигналі та характеристик акселерометрів і гіроскопів.

Таким чином інтеграція GNSS та ІНС у складі навігаційної системи БПЛА забезпечує підвищення точності, надійності та безперервності позиціонування навіть при частковій втраті супутникового сигналу. Подальші дослідження доцільно спрямувати на оптимізацію алгоритмів обробки отриманої інформації.

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ДІАГНОСТИКИ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ АВІАЦІЙНИХ ЕЛЕКТРОСИСТЕМ

*А.О. Красноруцький, к.т.н., доцент; К.С. Карлов
Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

У теперішній час асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором застосовуються у такому відповідальному обладнанні, як паливні системи, електросистеми, гідравлічні системи. Працездатність цього обладнання безпосередньо впливає на безпеку польотів, саме через це необхідно проводити контроль двигунів для запобігання відмов в польоті.

Проведений аналіз сучасних методів діагностування електричних машин показує, що найбільш прийнятним методом є контроль електричних параметрів з подальшим виконанням спеціального аналізу отриманого сигналу. Для аналізу струмів асинхронного двигуна був обраний метод вектора Парка, який дозволяє..діагностувати..такі..несправності..як: міжвиткові замикання статора, ексцентриситет повітряного зазору, дефекти стрижнів і кілець короткозамкненого ротора та інші несправності.

Розроблена система діагностики, на відміну від відомих систем контролю стану асинхронних двигунів, дозволяє одночасно контролювати як електричні, так і механічні несправності при роботі двигуна під навантаженням при неякісній системі електроживлення. Розроблена функціональна схема діагностичної системи може бути використана для практичної реалізації у фізичній формі. Використання запропонованої системи бортової діагностики дозволить забезпечити безперервну інформацію про стан основних елементів асинхронних двигунів відповідно до сучасних вимог і реальних умов експлуатації.

**ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ
ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ РОЗВІДУВАЛЬНОГО БПЛА
ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ АДАПТИВНИХ
РЕГУЛЯТОРІВ НАПРУГИ**

*О.Є. Зенович, к.т.н., доцент; О.С. Колесник; А.Д. Грицюк
Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Сучасні БПЛА приймають дуже важливу участь в ході російсько-української війни, суттєво знижуючи ризики для військових, виконуючи бойові задачі пов'язані з розвідкою, коригуванням артилерії та підтримки наземних підрозділів. БПЛА оснащені складною електронною апаратурою, живлення якої забезпечується генераторами постійного або змінного струму. Для безперебійної роботи такої апаратури потрібно підтримувати високу якість електроенергії незалежно від режиму роботи двигуна і навантаження генератора. В теперішній час це забезпечується регуляторами напруги, які є пропорційно-інтегрально-диференційними регуляторами (PID-регуляторами). Однак, динамічні властивості генератора як об'єкту керування суттєво залежать від режиму роботи, тому ці регулятори не завжди можуть забезпечити споживачів електроенергією необхідної якості.

Запропоновано впровадити адаптивну систему регулювання напруги, яка змінює налаштування PID-регулятора в залежності від режиму роботи, що дозволить підвищити точність стабілізації напруги. Для визначення режиму роботи пропонується використання датчиків частоти обертання генератора, напруги та навантаження, за сигналами яких обчислювач здійснює налаштування регулятора.

Проведено дослідження характеристик якості електроенергії при дії різних збурень за допомогою розроблених у середовищі MATLAB віртуальних моделей генератора з класичним PID-регулятором; адаптивним PID-регулятором з використанням

таблиць параметрів, адаптивним регулятором з еталонною моделлю, адаптивним нечітким регулятором.

Результати дослідження показують, що застосування адаптивних регуляторів напруги дозволяє підтримувати напругу на виході генератора при значній зміні частоти обертання і навантаження, також поліпшуються характеристики перехідних процесів. Запропоновані вдосконалення забезпечать стійку та стабільну роботу систем електроживлення, що дасть змогу підрозділам, які використовують ці апарати, ефективніше виконувати бойові задачі.

IMPROVEMENT OF THE METHOD FOR MEASURING NAVIGATION PARAMETERS OF CLASS I UAVS

*O.M.Barsukov, Candidate of Technical Sciences, Associate
Professor; M.S. Semenov, D.I. Shcherba, Y.V. Gruboy
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Recently, there has been a development of unmanned aerial vehicles, which is confirmed by a significant number of scientific publications. Considerable attention of researchers is directed to the influence of radio interference of electronic warfare complexes on unmanned aerial vehicle (UAV) control channels. This is due to the fact that unmanned aerial vehicles have found wide application in reconnaissance, strike and relay tasks, which allows both sides of the conflict to actively develop the direction of countering electronic warfare complexes.

The relevance of this report is determined by the need to improve the reliability and stability of navigation systems in groups of unmanned aerial vehicles, particularly in situations where one or more elements lose their satellite navigation signal.

The report considers an approach to restoring the measurement of UAV navigation parameters using an improved combination of radiosignals (GNSS, ground control point, and UAV repeaters).

Thus, the results of the study of the approach establish the adequacy of the mathematical algorithm for measuring UAV

coordinates in conditions of incomplete or noise-distorted information. The proposed approach can be used to modernize navigation, control, and interaction systems for groups of unmanned aerial vehicles, which will increase autonomy and reliability in difficult flight conditions.

**ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ
КОРЕЛЯЦІЙНО-ЕКСТРЕМАЛЬНИХ НАВІГАЦІЙНИХ
СИСТЕМ У СКЛАДІ БОРТОВОГО КОМПЛЕКСУ
БЕЗПІЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ**

А.О. Красноруцький, к.т.н., доцент;

О.О. Клімішен, к.т.н., с.н.с.; А.Р. Бовкун

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

В даній доповіді представлений аналіз особливостей застосування основних систем навігацій які використовуються на борту сучасних БПЛА підчас ведення російсько-української війни. Було проаналізовано їх основні недоліки та запропоновані шляхи підвищення стійкості функціонування.

На основі аналізу типової структури кореляційно-екстремальних навігаційних систем було запропоновано варіанти побудови зазначених систем для БПЛА, у яких основними коректорами навігаційних параметрів виступають наступні автономні засоби, а саме:

- магнітометр із магніторезистивними датчиками, які найбільш доцільні з точки зору спроможності виявлення слабких постійних полів;

- оптико-електронна система (ОЕС) де зазначена точність оцінок поточних координат об'єкту по оптичному потоку залежить від характеристик бортової камери, точності визначення висоти польоту, кількості та розташування особливих точок.

Проведена оцінка ефективності за допомогою математичного моделювання показала, що при корекції безплатформних

навігаційних систем за даними ОЕС після закінчення певного часу польоту БПЛА відхилиться від заданої траєкторії у межах, що є прийнятними для забезпечення точності навігації в умовах застосування засобів РЕБ.

APPLICATION OF GROUPS OF UNMANNED AIRCRAFT FOR DESTRUCTION OF GROUND TARGETS

*O.Y. Sukhanov, Candidate of Technical Sciences, Associate
Professor; V.O. Halysh; S.O. Datsenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In a dynamic combat environment, high requirements for the bandwidth of transmitting information from an unmanned aerial vehicle (UAV), as an integral part of military forces, to a ground control station and reducing target identification time motivate the development of autonomous UAV systems, which increase the current limited capabilities of UAVs to make accurate and consistent decisions together with aircraft and other UAVs through online sensing and information exchange.

The interaction of autonomous UAV systems involves the joint operation of two or more UAVs that are capable of detecting and classifying stationary and moving targets.

To perform combat missions by a group of UAVs, it is necessary to use reconnaissance UAVs that fly at high altitudes and collect intelligence information about a specific area; UAVs for suppressing enemy electronic means when flying over terrain at low and medium altitudes; UAVs that attack targets with smart weapons, and to control and determine the optimal number, route and operation of UAVs.

When destroying a moving or stationary ground target protected by an enemy defense system, it is necessary to determine the optimal number of attack UAVs required to simultaneously attack the target from all angles of attack of the target; the number of reconnaissance UAVs and UAVs for suppressing enemy electronic means to form a group; the angular characteristics of the use of weapons within the active range for each attacking UAV; the initial position, angular

separation, direction of approach and tactics of use of each class of UAVs.

НАВАНТАЖЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ВЕРТОЛЬОТУ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ АРТИЛЕРІЙСЬКОГО ОЗБРОЄННЯ

В.Ж. Яценюк, к.т.н., доцент;

В.М. Онищенко, к.т.н., доцент; Я.В. Підкалюк

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Особливої уваги останнім часом набула проблема протидії масованим нальотам безпілотних літальних апаратів. Виникає задача своєчасного удосконалення бойових можливостей комплексів авіаційного озброєння (КАОз) повітряних суден (ПС), які залучаються для вирішення завдань охорони повітряного простору держави. Застосування бойових модулів на зовнішніх підвісках вимагає забезпечення усіх видів міцності конструкції ПС та ресурсу конструкції. Потребує уваги вирішення задачі оцінювання динамічної реакції, міцності та темпу витрати ресурсу конструкції ПС під час стрільби з КАОз. Великі вібрації впливають на екіпаж та обладнання, можуть за короткий час призвести до утомного руйнування конструкції. На основі математичного моделювання (ММ) та чисельних обчислень проведений аналіз навантаження конструкцій надлегкого літака та бойового вертольоту при стрільбі з кулемета, що розміщений в рухомій турелі. Для формування математичної моделі динамічного навантаження ПС використовуються рівняння внутрішньої балістики руху кулі у стволі та рівняння аеропружності, які дозволяють записати збудований рух, коливання та навантаження конструкції. Використання ММ дозволяє проводити широкі параметричні дослідження та спростити процес вибору оптимальних варіантів озброєння та характеристик стрільби. Математичне моделювання навантаження конструкції дозволяє проаналізувати експлуатаційну міцність ПС, оцінити рівень навантаження

конструкції змінними силами, діючі перевантаження і напруження, величину вібрації літака та темп витрати ресурсу конструкції.

ПІДВИЩЕННЯ КОНТРАСТУ ОБ'ЄКТІВ ІНТЕРЕСУ НА ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ ЗОБРАЖЕННЯХ З РОЗВІДУВАЛЬНИХ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Ю.В. Скорий¹, к.т.н.; А.П. Гурін¹, д.філос.; Ф.Х. Ахмад²

*¹Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба;*

²Харківський національний університет радіоелектроніки

В доповіді розглядається удосконалений метод підвищення контрасту об'єктів інтересу (мін та вибухових пристроїв) на основі використання спектральних ознак відмінностей від навколишнього фону, що додасть додаткових можливостей для виконання завдання з пошуку мін під час розмінування місцевості за відсутності магнітометра (металошукача) або при низькій ефективності його використання.

Особливістю вдосконаленого методу є розрахунок вектора апаратної функції, скалярний добуток якої з векторами яскравості кожного елемента зображення забезпечує: зменшення яскравості елементів зображення, спектральні характеристики яких відповідають спектральним властивостям фону; збільшення яскравості елементів зображення, спектральні характеристики яких відповідають спектральним властивостям об'єкта інтересу.

Розроблено математичну модель та проведено комп'ютерне моделювання підвищення контрасту об'єктів інтересу за спектральними ознаками на оптико-електронних зображеннях з розвідувальних БпЛА. Доведено, що використання розробленої математичної моделі дозволяє суттєво (більш ніж на порядок) збільшити значення контрасту об'єкта інтересу на оптико-електронних зображеннях з розвідувальних БпЛА.

КОНЦЕПТ МОДУЛЬНОГО КРИЛА БПЛА

В.А. Безпалий

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Одним з найсуттєвішим факторів покращення льотних характеристик БПЛА є використання оптимального повітряного гвинта зі спеціальним розподілом циркуляції по лопаті для врахування конструкційного матеріалу лопаті та особливостей виробництва повітряних гвинтів для БПЛА. Реалізація вибору концепції оптимального повітряного гвинта пропонується у вигляді набору повітряних гвинтів при комплектуванні БПЛА під конкретне бойове завдання з різним бойовим навантаженням.

Як правило, БПЛА оснащується немеханізованим крилом, оптимізованим під один режим польоту з одним варіантом навантаження. Використання немеханізованого крила зумовлене необхідністю спрощення виробництва БПЛА та зниження виробничих витрат, однак збільшення маси цільового навантаження БПЛА призводить до суттєвого погіршення його льотних характеристик.

Розроблено концепт модульного крила БПЛА, який передбачає збереження немеханізованого крила в якості основного та оптимізації крила під різне бойове навантаження використанням навісної механізації крила: передкрилка, закрилка, зависаючого елерона. При цьому виробничі витрати зростають несуттєво, оскільки основні елементи конструкції лишаються незмінними, а правильний вибір навісної механізації крила адаптує БПЛА під конкретне бойове завдання, розширює номенклатуру бойового навантаження.

В подальшому плануються теоретико-експериментальні дослідження впливу модульного крила БПЛА на ступінь його аеродинамічної досконалості, визначення граничних можливостей бойового навантаження БПЛА.

ПУЛЬСУЮЧИЙ ПОВІТРЯНО-РЕАКТИВНИЙ ДВИГУН ДЛЯ БПЛА-ПЕРЕХОПЛЮВАЧА

О.П. Терещенко

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Збільшуючи кількість комбінованих атак, під час яких найбільше за типами використовуються ворожі ударні безпілотні літальні апарати (далі БпЛА) типу Shahed-136 (Герань-2), виникає нагальна потреба у розробці відносно дешевого БпЛА – перехоплювача, здатного успішно протидіяти цієї небезпеки.

Маючи відносно невелику собівартість, сучасні БпЛА мають ряд недоліків в порівнянні з ракетами, головним з яких є швидкість та обмеженість у радіусі дії і дальності польоту.

Поєднання високотехнологічних розробок у галузі виробництва БпЛА та ракетних технологій дозволяє створити новий клас систем – БпЛА–перехоплювачів ракетного типу з пульсуючим повітряно-реактивним двигуном (далі ПуПРД).

ПуПРД – це тип повітряно-реактивного двигуна, який генерує тягу через циклічний (пульсуючий) процес згоряння палива та витоку продуктів згоряння, використовуючи кисень як окисник. Тяга ПуПРД, визначена продуктами горіння палива – їх кількістю та швидкістю – також циклічно змінюється під час роботи, і її середнє значення значно менше за максимальне.

Ключові переваги ПуПРД для БпЛА-перехоплювача: простота та низька вартість виробництва; висока тяга з низькою вагою; високий питомий імпульс в порівнянні з ТРД.

Як висновок, ПуПРД є доцільним та рекомендованим у використанні для сучасних реактивних БпЛА-перехоплювачів зі швидкістю польоту до Мах 0,8, за рахунок малих економічних витрат, простої побудови конструкції, де економія та простота виробництва є критично важливими, а такі недоліки, як високий рівень шуму, вібрації та висока витрата палива не є вирішальними недоліками.

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНТУРУ СТАБІЛІЗАЦІЇ ВИСОТИ БПЛА ЗАСОБАМИ СЕНСОРНОЇ ІНТЕГРАЦІЇ

*В.В. Збризький; О.С. Лиходєєв, к.т.н., доцент
Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

У сучасних умовах бойового застосування безпілотних літальних апаратів (БПЛА) критично важливо забезпечити стабільний політ на заданій висоті. Від точності стабілізації барометричної висоти залежить не лише якість аеророзвідки, але й живучість БПЛА під час виконання завдань у зоні протиповітряного ураження. Однак барометричні датчики мають обмежену точність, схильні до шумів і дрейфу внаслідок змін температури та тиску, що ускладнює стабільне керування висотою. Тому актуальним є питання підвищення точності стабілізації висоти шляхом інтеграції даних від кількох сенсорів у межах одного алгоритму.

У більшості існуючих автопілотів використовується класична схема стабілізації барометричної висоти, що базується на даних барометричного висотоміра. Цей метод є простим у реалізації, але не забезпечує необхідної точності при різких змінах атмосферних умов чи польотах на великих перепадах висоти.

Використання інерціальних сенсорів (акселерометрів і гіроскопів) дозволяє уточнити положення апарата, однак накопичення похибок інтегрування обмежує їх довготривале застосування. Супутникова навігація (GNSS) надає стабільну висоту над рівнем моря, проте має затримку сигналу та низьку частоту оновлення.

Тому оптимальним рішенням є об'єднання різних сенсорів у межах одного адаптивного алгоритму з фільтрацією шумів і компенсацією похибок. Запропоновано підхід до побудови вимірювального контуру висоти, який поєднує дані баровисотоміра, інерціальної навігаційної системи та GNSS.

**КОНТРОЛЬ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БЕЗПІЛОТНИХ
АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ МУЛЬТИКОПТЕРНОГО ТИПУ
ЯК КЛЮЧОВИЙ ПОКАЗНИК ЕФЕКТИВНОСТІ ЇХ
ЗАСТОСУВАННЯ У БОЙОВИХ УМОВАХ**

В.А. Сівак, д.т.н., проф.; С.В.Рудніченко

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

Технічний стан (далі – ТС) є визначальним показником ефективності та спроможності БпАК МкТ виконувати бойові завдання у складних умовах. Для підтримання належного рівня ТС застосовуються засоби контролю (далі – ЗАСК), які дозволяють оперативно виявляти несправності та знижувати ризики в експлуатації БпАК МкТ.

В бойових умовах особовий склад зовнішніх екіпажів для контролю ТС БпАК МкТ використовує ЗАСК ТС, які діляться на такі групи:

- апаратні (датчики, діагностичні пристрої);
- програмні (спеціальне програмне забезпечення);
- організаційні (дії під час нестандартних ситуацій, контроль експлуатаційної документації, звітність тощо).

Разом з тим, попри наявність широкого спектру ЗАСК їх ефективно застосування у бойових умовах ускладнюється низкою чинників:

- тривалим часом контролю ТС БпАК МкТ;
- надмірною формалізацією процедур контролю ТС;
- складністю та габаритністю ЗАСК ТС;
- відсутністю уніфікованих мобільних ЗАСК для експрес-контролю тощо.

Таким чином, результати використання ЗАСК ТС БпАК МкТ свідчать про їхню ключову роль у забезпеченні ефективності та спроможності виконувати завдання у бойових умовах. Водночас виявлені обмеження, не дозволяють повною мірою реалізувати потенціал наявних рішень. Це зумовлює науково-практичну потребу в удосконаленні (розробленні) нових методів, ЗАСК ТС

БпАК МкТ, орієнтованих на компактність, оперативність та уніфікованість.

**МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО
РЕГУЛЮВАННЯ ЧАСТОТИ ЗМІННОГО СТРУМУ
АПА-5Д ЧЕРЕЗ ВПРОВАДЖЕННЯ НОВІТНІХ ЗАСОБІВ
БЕЗПЕРЕРВНОГО КОНТРОЛЮ В ПРОЦЕСІ
ВИКОНАННЯ ОПЕРАЦІЙ**

*О.А. Бусилко; С.А. Вахнюк; А.С. Куліков
Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Підвищення якості проектування, виготовлення і експлуатації аеродромних пересувних електроагрегатів є основним напрямом забезпечення їх надійності. Припинення постачання електроенергії під час технічного обслуговування повітряних суден завдяки некоректної роботи системи автоматичного регулювання частоти струму вкрай небажане.

Практика використання АПА-5Д в ході виконання бойових завдань свідчить про те, що причинами стрибків частоти змінного струму можуть бути зовнішні збурювання - негаразди з паливною апаратурою двигуна, відхилення параметрів палива, температура дизельного двигуна, а також внутрішні причини - некоректна робота елементів системи автоматичного регулювання частоти – блоку БСЧ і виконавчих пристроїв РК-2Д

Удосконалення частоти діагностики змінного струму за допомогою встановлення тахогенератора та приладів, що дають змогу точніше відмітити виміряти частоту до потрібних норм. В практичному застосуванні було б легкою в обслуговуванні та не висувало до себе високих вимог в період експлуатації, а лише в строки ТО обслуговування базового двигуна, який являється приводом електроагрегату.

При застосуванні нової системи діагностики частоти, збільшувався б строк експлуатації генератора та зчеплення автомобіля, що економічно вигідніше попередніх зразків.

МОДЕРНІЗАЦІЯ АЕРОДИНАМІЧНОЇ ТРУБИ ТН-1

А.В. Мостовий; К.К. Мироненко;

Є.О. Українець, д.т.н., професор

Харківський національний університет Повітряних Сил

ім. Івана Кожедуба

Сучасна війна висуває підвищені вимоги до точності навігації БПЛА та ефективності ураження ними цілей. Так, ефективність ураження цілей знижується при використанні боеприпасів з імпровізованими стабілізаторами, що призводить до недостатньої стійкості боеприпасів та значного їх розсіювання.

Для забезпечення високої достовірності досліджень боеприпасів БПЛА, приймачів повітряного тиску та інших елементів планеру БПЛА в аеротрубному експерименті проведено модернізацію аеродинамічної труби ТН-1 ХНУПС. Програма модернізації включала в себе: проектування та виготовлення лемніскатного вхідного пристрою для забезпечення безвідривного входу потоку; проектування та виготовлення герметичних оглядових вікон; забезпечення гладкості внутрішнього каналу для покращення якості потоку; модернізацію силової системи аеродинамічної труби для підвищення точності регулювання швидкості потоку.

На модернізованій аеродинамічній трубі ТН-1 безконтактним тепловізійним методом та методом шовковинок досліджено серію хвостовиків стабілізаторів боеприпасів з різними кутами розкриття хвостового конусу. Експериментально встановлено, що хвостові конуси з кутом розкриття до 30° забезпечують безвідривне обтікання хвостовиків стабілізаторів боеприпасів. Збільшення кута розкриття хвостового конусу понад 45° спричиняє розширення зон відриву, які при кутах понад 90° – 180° охоплюють усю поверхню хвостовика стабілізатора боеприпаса, що негативно впливає на його стійкість.

ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ КАНАЛІВ ЗВ'ЯЗКУ БПЛА

А.В. Самокіш, д.філос.; О.А. Гараєва

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

У сучасних умовах використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) стрімко зростає в оборонній, цивільній та виробничій сферах. Надійність каналів зв'язку та ефективність систем їх моніторингу є визначальними факторами для забезпечення стабільного управління польотом і зменшення ризику втрати апарата. У межах дослідження розглядаються основні типи каналів зв'язку, що застосовуються у БПЛА, а також вплив радіоперешкод і вимоги щодо захисту інформації.

Крім того, підкреслюється важливість оптимального вибору протоколів передачі даних для підвищення загальної ефективності системи. Аналізуються сучасні методи моніторингу якості каналів, включно з вимірюванням рівня сигналу, співвідношенням сигнал-шум і застосуванням адаптивних алгоритмів. Значну увагу приділено інтелектуальним системам діагностики, що прогнозують деградацію зв'язку та забезпечують своєчасне реагування на критичні зміни параметрів сигналу.

Комплексні системи моніторингу підвищують стійкість БПЛА до зовнішніх впливів та забезпечують надійність передачі телеметрії й команд керування, що сприяє ефективності виконання польотних завдань.

ІНТЕГРОВАНІ НАВІГАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ БПЛА В УМОВАХ РЕБ

Р.В. Василенко; К.А. Афанасьєв; А.І. Осипова

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Радіоелектронне придушення супутникової навігації створює умови, за яких автономні та інтегровані навігаційні системи

стають ключовим елементом забезпечення стійкості БПЛА. Зниження точності GNSS та ризик спуфінгу підвищують вимоги до інерціальних комплексів із твердотільними MEMC-датчиками. Системи типу Honeywell HG1930, VectorNav VN-200 та SBG Ellipse-N забезпечують формування орієнтаційних параметрів на основі багатоканальних гіроскопічних і акселерометричних вимірювань.

Оптимізація точності досягається застосуванням алгоритмів Extended Kalman Filter та Error-State Kalman Filter, які компенсують дрейф інерціального контуру та забезпечують стійкість оцінок у маневрових режимах. Комбінація інерціальної платформи з альтернативними джерелами навігаційної інформації — локальними радіомаяками, псевдосупутниковими системами, магнітометричними каналами та методами Visual-Inertial Odometry — формує багаторівневу структуру, здатну підтримувати навігаційну працездатність у зонах активного РЕБ.

Інтегровані навігаційні архітектури підвищують живучість БПЛА, забезпечують стабільне формування кутів орієнтації та положення та знижують залежність від GNSS, що є критично важливим у сучасних бойових умовах.

ВИБІР ФІКСОВАНИХ ЗНАЧЕНЬ ПАРАМЕТРІВ АЛГОРИТМІВ РАДІОТЕХНІЧНИХ СЛІДКУВАЛЬНИХ СИСТЕМ

А.І. Нос ¹, к.т.н., доцент; О.Л. Кузнєцов ¹, к.т.н., доцент;

А.О. Бєсова ²

*¹Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба;*

²Харківського національного університету радіоелектроніки

В сучасному авіабудуванні безпілотні літальні апарати зайняли провідне місце, як у цивільних галузях, так і для виконання військових завдань. Більшість країн світу запускають або модернізують виробництво таких апаратів. У зв'язку з цим все частіше саме ці апарати стають об'єктами радіолокаційного

спостереження сучасних радіолокаційних станцій. Здатність безпілотних літальних апаратів, до раптових маневрів може призвести до суттєвого погіршення точності їх слідкувального вимірювання. Внаслідок суттєвого зростання динамічної складової помилки супроводження літального апарату на ділянці маневрування збільшується ймовірність зриву слідкування. Тому однією із проблем, є вибір фіксованих значень параметрів алгоритмів радіотехнічних слідкувальних систем.

Відомим методом здійснення вибору цих параметрів є забезпечення мінімальної похибки слідкування в найбільш складних умовах. Однак інтенсивний маневр може відбуватися досить рідко і тому в звичайних умовах супроводження має місце істотне погіршення точності в порівнянні з потенційно досяжною.

У доповіді запропонована методика яка дозволяє визначати значення фіксованих параметрів, при яких забезпечується максимальна стійкість супроводження сучасних маневруючих повітряних об'єктів.

EXPERIENCE OF ENGINEERING AND AVIATION SUPPORT FOR UAV OPERATIONS AND WAYS TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF UNMANNED AERIAL VEHICLE OPERATION UNDER CONDITIONS OF ACTIVE ENEMY COUNTERACTION

O.Y. Sukhanov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

O.O. Mytchyk; T.V. Hoptsii

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

In modern combat conditions, unmanned aerial vehicles (UAVs) have become one of the key elements in the systems of reconnaissance, fire adjustment, and target engagement. The effectiveness of their use directly depends on the level of engineering and aviation support (EAS), which includes maintenance, repair, crew training, storage, transportation, and rapid restoration of the technical readiness of UAV systems in field conditions. The experience of UAV use in combat zones has shown that

under conditions of active enemy counteraction, traditional approaches to EAS require modernization.

The main problems remain limited resources for field repairs, a shortage of qualified technical specialists, insufficient mobility of maintenance and repair teams, and the difficulty of maintaining a high level of operability. To enhance the survivability of unmanned systems, it is advisable to apply engineering solutions aimed at modular design, interchangeability of components, duplication of key control systems, and the ability to perform rapid UAV condition checks. Thus, the experience of engineering and aviation support for UAVs demonstrates that the key factors in improving the efficiency of their operation under active enemy counteraction are the mobility of technical units, digitalization of diagnostics, high personnel qualification, and standardization of technical processes.

The comprehensive implementation of these measures will ensure the stable functioning of unmanned systems.

**МЕТОД ВИЯВЛЕННЯ РОЗВІДУВАЛЬНИХ
БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ МЕРЕЖЕЮ
ДВОХ ПОРТАТИВНИХ МОБІЛЬНИХ SOFTWARE-
DEFINED-RADIO ПРИЙМАЧІВ**

*М.С. Лямцев; Г.В. Худов, д.т.н., професор; Ю.А. Шевченко
Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

У сучасних умовах ведення бойових дій безпілотні літальні апарати (БпЛА) відіграють важливу роль у здійсненні розвідки, коригуванні вогню та спостереженні за позиціями військ. Такі повітряні об'єкти не є типовими для радіолокаційних станцій. Отже, актуальним є розробка альтернативних методів виявлення та визначення координат БпЛА.

У роботі розглядається можливість підвищення якості виявлення та визначення координат розвідувальних БпЛА за рахунок мережі з двох портативних мобільних пристроїв. У якості таких пристроїв запропоновано використання Software-Defined Radio (SDR) приймачів.

Проаналізовано досвід російсько-української війни, тактико-технічні характеристики розвідувальних БпЛА та особливості тактики їх застосування. Проаналізовані сигнали бортових систем розвідувальних БпЛА та їх особливості.

Запропоновано метод, який передбачає одночасну роботу двох портативних SDR-приймачів з узгодженою синхронізацією. Проведено моделювання роботи запропонованого методу та порівняльне оцінювання запропонованого та відомих методів виявлення розвідувальних БпЛА. Встановлено, що використання мобільних приймачів забезпечує гнучкість розгортання системи та можливість оперативного реагування при виявленні БпЛА у зоні відповідальності підрозділу.

PROPOSALS REGARDING THE USE OF ACTIVE JAMMING STATIONS ON UNMANNED AERIAL VEHICLES

O.Y. Sukhanov, Candidate of Technical Sciences, Associate

Professor; O.O. Mytchyk; T.V. Hoptsii

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Under modern conditions of employing Unmanned Aerial Systems (UAS) at the tactical and operational levels, one of the key factors influencing their survivability is the resilience of command and data transmission channels against the impact of enemy Electronic Warfare (EW) assets. Combat experience of the Armed Forces of Ukraine demonstrates that the adversary actively employs radar detection and tracking systems as well as jamming devices, which complicates the operation of UAV control channels. This creates the necessity to apply protection methods that have already proven their effectiveness in manned aviation.

It is proposed to consider integrating Active Jamming Stations (AJS) onto medium- and heavy-class UAVs, primarily in the form of external pod-mounted systems. Such design solutions allow installing the AJS only when needed, which helps preserve the versatility of the platform and enables the UAV to perform a wide range of combat missions.

The development and implementation of such systems represent a promising direction for enhancing the survivability and combat effectiveness of UAVs in modern warfare.

РОЗВІДЗАХИЩЕНІСТЬ СИСТЕМ ІДЕНТИФІКАЦІЇ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

А.М. Токар, к.т.н., старший дослідник;

І.В. Кухарчук; Д.О. Серветник

Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова

Масове застосування безпілотних літальних апаратів (БПЛА) у російсько-українській війні продемонструвало їхню високу ефективність як в оборонних, так і в наступальних операціях. Основною проблемою цих засобів на тактичному рівні залишається їх ідентифікація для уникнення дружнього вогню.

На даний час активно ведуться розробки систем ідентифікації БПЛА I класу. Робота таких систем базується на використанні радіочастотних сигналів, що кодуються та шифруються. Однак, такі системи ідентифікації мають спільний недолік, який полягає у низькій розвідзахищеності і як наслідок, вразливості до засобів радіотехнічної розвідки та радіоелектронного подавлення противника.

Одним із ключових параметрів розвідзахищеності системи ідентифікації є енергетична скритність радіосигналів. Вона характеризує здатність системи протистояти виявленню її радіосигналів розвідувальними приймальними пристроями.

Виявлення радіосигналу сигналу відбувається в умовах дії перешкод (шумів) і може супроводжуватися помилками двох типів: пропуском сигналу за його наявності на вході приймача та хибним виявленням (хибною тривоگوю) за відсутності сигналу. Ці помилки мають імовірнісний характер.

Таким чином, підвищення енергетичної скритності систем ідентифікації БПЛА є важливим науково-практичним завданням.

Подальші наукові дослідження спрямовані на вивчення питань покращення структурної скритності радіосигналів системи ідентифікації.

**ОБГРУНТУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ
ПРИСТРОЇВ РАДІОЛІНІЙ УПРАВЛІННЯ ТА ПЕРЕДАЧІ
ДАНИХ МІЖ БПЛА ТА НАЗЕМНИМ
ПУНКТОМ УПРАВЛІННЯ**

*В.Г. Кубрак; В.П. Поздняк; С.М. Блащук, к.т.н.
Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Відомо, що обґрунтування енергетичних параметрів будь-якої радіолінії (необхідної потужності передавачів, чутливості приймачів) може бути виконане тільки шляхом енергетичного розрахунку радіолінії. Радіочастотну енергетику під час передачі сигналів на будь-якій радіолінії визначає основне рівняння радіопередачі. Показано, що основна проблема при розрахунку будь-якої радіолінії завжди полягає у розрахунку множника послаблення сигналу.

Проаналізовано відомі моделі поширення радіохвиль, що можуть бути використані для розрахунків. Доведено, що для вирішення практичних завдань прогнозування рівнів сигналів в області прямої видимості у діапазонах МХ/ДМХ доцільно використовувати класичну двопроменеву (відбивну) модель, зокрема, модель Введенського як спрощену двопроменеву модель з урахуванням умов її застосування.

Надано опис методики обґрунтування енергетичних параметрів технічних пристроїв радіоліній авіаційного повітряного МХ/ДМХ радіозв'язку, а саме, порядок енергетичного розрахунку радіолінії для обґрунтування чутливості приймачів (бортового та наземного) та потужності передавачів (бортового та наземного).

Розглянуто особливості обґрунтування енергетичних параметрів БПЛА-ретрансляторів.

Наведені приклади розрахунку чутливості приймачів та потужності передавачів при різних висотах польоту БпЛА (500 ... 5 000 м).

Надано рекомендації щодо розрахунку радіолінії за межами умов застосування моделі Введенського.

МЕТОД ПРОГНОЗУВАННЯ БЕЗВІДМОВНОСТІ БПАК НА ОСНОВІ БАЙЄСІВСЬКИХ МЕРЕЖ І МОНТЕ-КАРЛО СИМУЛЯЦІЙ

*Ю.О. Камак; Н.М. Пантєлєєва, д.е.н., к.т.н., професор
Державний науково-дослідний інститут випробувань і
сертифікації озброєння та військової техніки*

Зростання ролі і значення безпілотних авіаційних комплексів (БпАК) в оборонній боротьбі України проти агресії росії поряд з бойовою ефективністю ставить питання їх експлуатаційної надійності та безвідмовності, враховуючи інтенсивне навантаження і складні умови експлуатування. Досвід України, а також досвід інших повномасштабних війн і локальних конфліктів сучасності, підтверджує необхідність переходу до предикативного технічного експлуатування озброєння і військової техніки, в т.ч. БпАК.

В цьому аспекті розроблено метод прогнозування безвідмовності БпАК на основі байєсівських мереж і Монте-Карло симуляцій. Його сутність полягає у: формуванні причинно-наслідкової структури для підсистем БпАК за допомогою моделі байєсівської мережі довіри; визначенні апіорних розподілів імовірностей для ключових підсистем БпАК; проведенні стохастичної генерації сценаріїв експлуатування методом Монте-Карло; оновленні апостеріорних імовірностей працездатності кожної підсистеми за правилами Байєса; одержанні інтегральної оцінки безвідмовності БпАК; оцінюванні достовірності за допомогою ентропійного показника інформаційної невизначеності прогнозу.

Таким чином, цей метод, на відміну від існуючих, дозволяє враховувати невизначеності зовнішніх факторів у реальному часі, кількісно оцінювати достовірність отриманих імовірностей безвідмовної роботи БпАК, динамічно оновлювати прогноз його працездатності за рахунок апостеріорного коригування параметрів моделі байєсівської мережі довіри.

ВПЛИВ ОБЛЕДЕНІННЯ НА АЕРОДИНАМІКУ КРИЛА БПЛА

Є.В. Колесник; Є.Є. Крепко; В.І. Ткачов

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

БпЛА українського виробництва широко використовуються для виконання повітряної розвідки, ударних завдань. При цьому кожен БпЛА має власні погодні обмеження, оскільки всі БпЛА виконують політ в нижньому шарі тропосфери, де утворюється найбільша кількість водяної пари атмосфери, вони піддаються більшому впливу обледеніння. БпЛА мають аеродинамічний профіль крила з меншим робочим числом Рейнольдса, виготовлені, як правило, з композитних матеріалів з низькою теплопровідністю, що збільшує вірогідність звалювання БпЛА через відрив потоку над поверхнею крила при наростанні льоду. Існує декілька видів обледеніння крила БпЛА: прозорий лід, матовий напівпрозорий лід, паморозь, кристалічний лід, іній тощо. Лід на поверхні крила БпЛА може у формі наростів, гребенів, льодяних ручейків складної форми та являє собою реальну небезпеку.

Попередні дослідження впливу обледеніння на аеродинаміку крила БпЛА проведені на спеціально створеній аеродинамічній установці, змонтованій на автомобільній платформі. Такий підхід до аналізу аеродинаміки крила БпЛА доступний виробникам БпЛА, дозволяє досліджувати реальний повнорозмірний БпЛА без виготовлення його моделей.

Представлені результати по визначенню ступеню обledenіння передньої крайки крила на розвиток відриву потоку з верхньої поверхні крила, показано ступінь зменшення критичного кута атаки БПЛА при обledenінні передньої крайки крила. В подальшому плануються дослідження впливу гідрофобних покриттів крила БПЛА на ступінь його обledenіння в модернізованій кліматичній аеродинамічній трубі ТН-1.

ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ ПОМІТНОСТІ КОМПОНУВАНЬ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ З АРКОВО-КІЛЬЦЕВИМ КРИЛОМ

С.О. Шевченко¹, О.Л. Пастушенко², С.С. Шкурупій³

*¹Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба;*

²Вінницький національний технічний університет;

³Військова частина А4717

Компонування з арочно-кільцевим крилом використовуються при малих швидкостях в основному через додаткове омивання поверхні крила потоком від повітряного гвинта, що забезпечує необхідну підйомну силу та достатні характеристики стійкості та керованості. Наддув та ежекція місцевого потоку на верхній поверхні крила призводить до утворення додаткової підйомної сили за рахунок приросту циркуляції швидкості навколо повітряного гвинта. Оскільки великий відсоток БПЛА запускається з катапультної установки, то для таких БПЛА швидкість відриву є критичною.

Експериментально отримано індикатрису ЕПР базового компонування ройового БПЛА, визначено яскраві точки відбиття електромагнітного випромінення, отримано значення медіанної та середньої ЕПР. Розглянуті характерні особливості компонувань БПЛА з АКК та його відмінності від інших компонувань. Встановлено, що показники РП для БПЛА, які виготовлені з пластику, нижче, ніж при виготовленні їх з металу,

проте для компонувань з низькими відбиваючими властивостями ця різниця не є значною. Визначено, що для подібного типу компонувань відбиття електромагнітної хвилі в атакуючому ракурсі менше, ніж у бокових та хвостовому ракурсах. Показано, що в боковому ракурсі основний вклад в ЕПР компонування БПЛА з АРКК вносить арка та її канал, при цьому значення ЕПР моделі в атакуючому ракурсі в середньому вдвічі нижче, ніж значення ЕПР моделі в боковому та хвостовому ракурсах.

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ВИЯВЛЕННЯ ТА ІДЕНТИФІКАЦІЇ ДЖЕРЕЛ ПЕРЕШКОД

Л.Д. Величко, к.ф.-м.н., доцент;

О.В. Білаш, к.е.н., доцент

*Національна академія сухопутних військ
ім. гетьмана Петра Сагайдачного*

Сучасні системи зв'язку та оборонні комплекси в умовах бойових дій стикаються зі значним впливом електромагнітних перешкод. Ефективність роботи систем залежить від здатності оперативно виявляти та ідентифікувати джерела перешкод для забезпечення надійного управління сигналами та мінімізації втрат інформації. Математичне моделювання цих процесів дозволяє: передбачати поведінку перешкод у динамічних умовах; підвищувати точність алгоритмів виявлення; оптимізувати стратегії протидії джерелам перешкод.

Джерела перешкод поділяються на такі категорії: навмисні та ненавмисні. Їх ідентифікація передбачає визначення типу джерела на основі аналізу параметрів сигналу, використовуючи методи кореляційного аналізу та спектрального аналізу. Для практичного застосування розробляються такі алгоритми: виявлення порогом; аналіз спектральної енергії; методи адаптивного фільтрування; моделі цифрових двійників.

Отже, математичне моделювання процесів виявлення та ідентифікації джерел перешкод є ключовим інструментом для підвищення ефективності сучасних систем зв'язку.

Комбінування стохастичних, спектральних та алгоритмічних моделей дозволяє враховувати різні типи перешкод та умови їх виникнення.

ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ СТРУМУ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ КВАДРОКОПТЕРІВ

*О.Л. Бурсала, к.т.н., с.н.с.; О.О. Бурсала; О.Л. Грищенко
Державний науково-дослідний інститут випробувань
і сертифікації озброєння та військової техніки*

Обмеження часу польоту безпілотних літальних апаратів різних класів, зокрема, малогабаритних і не дуже складних у виконанні квадрокоптерів спричиняється лімітованою ємністю бортового акумулятора. Окрім створення малогабаритних акумуляторів великої ємності, актуальною є оптимізація параметрів струму електродвигуна квадрокоптера, які б не збільшували втрати потужності. Такими параметрами струму є перерегулювання, величина похідної і час встановлення. Водночас забезпечення якісної енергетики не має погіршувати стійкість польоту квадрокоптера. Відомі схеми виконання електроприводів гвинтів квадрокоптера реалізують одноконтурну схему з пропорційно-інтегрально-диференціальним або ж пропорційно-інтегральним регулятором зі зворотним зв'язком по швидкості обертання. Але така схема має недолік: вона астатична тільки за керуючим впливом, що ускладнює якісне виконання пусків, скидання навантаження, змінювання швидкості.

Дослідження показали, що для збільшення часу польоту квадрокоптера і підвищення якості управління його польотом в систему електроприводу гвинта контуру доцільно додати контур струму, підпорядкований головному контуру швидкості, що забезпечує астатизм за швидкістю при збуреннях не тільки за керуючим впливом, але й за навантаженням, а також здійснюється контроль параметрів струму від бортового акумулятора.

Отримані перехідні характеристики не мають різких змін величин струму і його похідної, що підвищує якість управління режимом польоту квадрокоптера і збільшує час використання енергоресурсу бортового акумулятора.

ОЦІНУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ПІД ЧАС ФУНКЦІЙНИХ ВИПРОБУВАНЬ

Д.Т. Шевченко; В.Т. Бояров

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

Показники надійності та безпеки польотів оцінюються за результатами функційних випробувань безпілотних авіаційних комплексів у комплектації наданій виробниками.

Фіксація траєкторій польоту, відмов та взаємодія з оператором здійснюється штатними засобами. Оцінювання параметрів польоту та відмов проводиться як візуально, так і за допомогою вимірювальних приладів.

Показники безпеки польотів, зокрема: захищеність від помилкових і несанкціонованих дій, імовірність виникнення відмов унаслідок помилкових дій, достатність прийнятих конструктивних рішень та організаційно-технічних заходів щодо забезпечення безаварійності та безвідмовності робіт, ступінь виконання вимог функціонального призначення, а також можливість використання засобів діагностики визначаються в ході проведення випробувань.

В ході випробувань необхідно виконати кількість польотів із сумарним нальотом відповідно прийнятому рівню довіри з фіксацією можливих збоїв та відмов. Національні стандарти переважно орієнтовані на обчислення базових показників (ресурс, строк служби, MTBF), тоді як стандарти НАТО передбачають інтегрований підхід, який охоплює оцінку ризиків, аналіз видів і наслідків відмов. Для БПЛА це має особливе значення, оскільки надійність визначає не лише працездатність

окремих підсистем, а й здатність платформ виконувати місійні профілі у складних кліматичних, вібраційних, електромагнітних та бойових умовах.

**РОЗРОБКА МОДЕЛІ ВИЯВЛЕННЯ АНОМАЛІЙ В ЛІНІЯХ
ПЕРЕСИЛАННЯ ДАНИХ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ
СИСТЕМ В УМОВАХ АКТИВНОЇ ПРОТИДІЇ ЗАСОБІВ
РЕБ ПРОТИВНИКА**

*І.М. Тупиця, д.філос.; М.І. Вітрук; Н.В. Губський
Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Досвід бойових дій на території України свідчить про активне застосування підрозділами Сил оборони України безпілотних авіаційних систем (БпАС). Проте, активна протидія противника в цьому напрямку супроводжується застосуванням широкого різноманіття сучасних засобів радіоелектронної боротьби (РЕБ) з метою деструктивного впливу на канали керування та телеметрії БпАС. Глушіння, спуфінг, перехоплення або перевантаження каналів можуть призводити до перехоплення або втрати безпілотного літального апарату. Традиційні методи шифрування та передачі сигналів виявляються недостатньо ефективними проти активних РЕБ-атак. Тому актуальним постає питання пошуку шляхів підвищення стійкості даних в лініях пересилання безпілотних авіаційних систем до кібервпливу противника.

З метою підвищення стійкості каналу керування та телеметрії БпАС до деструктивного впливу засобів РЕБ противника пропонується модель виявлення аномалій. Суть запропонованої моделі полягає у використанні методів інтелектуального аналізу даних та машинного навчання для виявленні аномалій у каналі керування та телеметрії.

Використання запропонованої моделі дозволить створити умови для підвищення стійкості каналу керування та телеметрії БпАС до атак типу “спуфінг” за рахунок автоматизації процесу виявлення аномалій.

**РОЛЬ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ У
ЗАБЕЗПЕЧЕННІ АВТОНОМНОСТІ
ТА СТІЙКОСТІ БпАК**

*С.В. Соколова, к.т.н., доцент; А.І. Артьомов
Національний аерокосмічний університет
“Харківський авіаційний інститут”*

Сучасне бойове застосування безпілотних авіаційних комплексів визначається не лише їхніми технічними параметрами, а передусім рівнем розвитку програмного забезпечення, яке забезпечує автономність, навігаційну точність, стійкість до засобів радіоелектронної боротьби та ефективне виконання тактичних завдань.

Основні способи бойового використання дронів — ударні, розвідувальні, коригувальні та ретрансляційні — реалізуються через спеціалізовані програмні модулі, що дозволяє швидко змінювати функціонал БпАК відповідно до конкретних умов та цілей операції.

Технології комп'ютерного зору та ШП забезпечують автоматичне виявлення й супровід цілей, покращену навігацію та стабільність даних навіть під впливом РЕБ. Стійкість до радіоелектронних загроз підвищують адаптивні протоколи зв'язку, автономні режими польоту та криптографічний захист інформації. Колективне управління ґрунтується на роевих алгоритмах, що забезпечують обмін даними, розподіл ролей і кооперативну навігацію для ефективних масованих операцій. Високий рівень кіберзахисту — захист модулів, моніторинг аномалій та шифровані канали зв'язку — є необхідною умовою безпеки.

Отже, програмне забезпечення є ключовим фактором, що визначає автономність, стійкість і тактичну ефективність безпілотних авіаційних комплексів.

КОМУТАЦІЙНА АПАРАТУРА БЕЗПІЛОТНОЇ АВІАЦІЇ В УМОВАХ БОЙОВИХ ДІЙ

Ю.В. Георгієв; І.І. Стеблюк; Є.А. Родюк

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

У сучасній збройній боротьбі безпілотні літальні апарати (БпЛА) стали невід'ємною частиною систем управління, розвідки та вогневого ураження противника. Ефективність роботи цих комплексів значною мірою залежить від надійності та стійкості комутаційної апаратури, яка забезпечує взаємодію між усіма елементами бортових і наземних систем керування. В умовах бойових дій комутаційні пристрої мають гарантувати безперервну передачу сигналів, стійкість до електромагнітних перешкод, механічних впливів і змін температурного режиму.

Вдосконалення комутаційної апаратури передбачає застосування новітніх технологій мікроелектроніки, використання високонадійних контактних матеріалів, а також розробку гібридних схем комутації, що поєднують механічні, електронні та оптичні елементи. Такі рішення забезпечують підвищену швидкодію, енергоефективність і зниження ризику збоїв у системах керування. Особливу увагу приділяють модульним комутаційним блокам, які дозволяють швидко заміну пошкоджених елементів у польових умовах, що істотно підвищує ремонтопридатність техніки.

У сучасних умовах важливим напрямом розвитку є інтеграція комутаційної апаратури з системами штучного інтелекту та самодіагностики. Це дозволяє виявляти потенційні несправності в реальному часі, автоматично перенаправляти сигнали альтернативними каналами та підтримувати стабільну роботу БпЛА навіть при частковому пошкодженні системи. Такі технології не лише підвищують живучість безпілотних апаратів, але й розширюють їх функціональні можливості в умовах високотехнологічного поля бою.

Отже, розвиток і вдосконалення комутаційної апаратури є ключовим чинником забезпечення надійності, стійкості та ефективності безпілотної авіації в умовах сучасних бойових дій. Від якості цих систем безпосередньо залежить успішність виконання бойових завдань, оперативність реагування та загальна ефективність застосування БПЛА у збройній боротьбі.

ОРГАНІЗАЦІЙНІ ПИТАННЯ ВИПРОБУВАНЬ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

В.М. Феденько; В.Т. Бояров

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

У контексті воєнного стану, організація випробувань БПЛА важливий елемент підготовки успішності здійснення військових операцій. Організація та проведення випробувань спрямовані на покращення ефективності та здатності обладнання БПЛА працювати в умовах бойового дійства. з максимальним використанням ресурси допомогти вдосконалити та покращити всі складові БПАК, що має важливе значення для та безпеки військового персоналу.

Випробування в умовах воєнного стану повинні інтегрувати науковий метод, забезпечуючи ефективну комунікацію дій та об'єктивність вибору критеріїв та аналіз результатів.

Після завершення випробувань важливо аналізувати результати, розробляти висновки та рекомендації для подальших дій, включаючи можливі модифікації та поліпшення військової техніки. Забезпечення збереження інформації та документації, що виникає під час випробувань, для подальшого аналізу та використання.

Загалом, організаційні аспекти випробувань озброєння та військової техніки в умовах воєнного стану вимагають відповідальності, системності та врахування різних факторів, щоб забезпечити успішне проведення випробувань та досягнення їхніх цілей.

**МОДЕЛЬ ДОСТОВІРНОЇ ОЦІНКИ СТІЙКОСТІ
АВІАЦІЙНИХ ПРОТОКОЛІВ ЗВ'ЯЗКУ ЗА ДОПОМОГОЮ
GPU-ПРИСКОРЕНОГО ДИНАМІЧНОГО
МОДЕЛЮВАННЯ**

Б.А. Ступка, д.філос.; О.М. Походенко;

С.В. Запорожець, к.е.н., доцент

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

Проблема оцінки стійкості авіаційних протоколів зв'язку полягає в тому, що в авіаційних радіоканалах спостерігаються швидкі зміни рівня сигналу, багатопроменевість, затінення конструкцій літака та тимчасові втрати лінії видимості. Ці фактори формують помилки з вираженою часовою кореляцією, які статичні моделі не відтворюють, що ускладнює достовірну оцінку роботи протоколів обміну даними.

Для реалістичного моделювання радіоканалу застосовано модель Гільберта-Елліотта (GE) із динамічною адаптацією параметрів за допомогою ковзного вікна, яке враховує вплив зміни висоти, маневрування та перешкод. Для отримання широкої статистики з високою часовою роздільністю застосовано GPU-прискорення (CUDA), що дає змогу паралельно генерувати тисячі незалежних змодельованих GE-каналів зв'язку та обробляти обсяги трафіку, еквівалентні багатогодинній роботі каналу, за мінімальний час.

Розроблена модель суттєво прискорює процес моделювання порівняно з CPU, дає змогу визначати критичні параметри динаміки радіоканалу та формувати інженерні рекомендації щодо підвищення стійкості авіаційних протоколів.

Таким чином побудована модель забезпечує достовірну оцінку стійкості авіаційних протоколів у радіоканалах з корельованими помилками та дозволяє моделювати реальні сценарії зміни якості зв'язку в динамічних умовах польоту.

ЩОДО ПОБУДОВИ АВТОМАТИЧНОГО РЕТРАНСЛЯТОРА РАДІОСИГНАЛІВ ДЛЯ ЗАСТОСУВАННЯ НА БЕЗПІЛОТНОМУ ЛІТАЛЬНОМУ АПРАТІ

*О.П. Кулик, к.військ.н.; О.А. Павліченко; О.В. Щербак
Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Ретранслятор на безпілотному літальному апараті повинен бути здатним ретранслювати радіосигнали радіостанції наземного пункту управління авіацією (ПУА) до повітряних суден (ПвС), що знаходяться у повітряному просторі, а їх радіостанції працюють у визначеному діапазоні частот. Також ретранслятор повинен забезпечувати ретрансляцію радіосигналів від ПвС до наземної радіостанції ПУА. Крім того, ретранслятор повинен забезпечити й передачу даних у вказаних напрямках.

З метою досягнення мінімально можливих масо-габаритних показників автоматичного ретранслятора радіосигналів (АРРС) його приймально-передавальну апаратуру (ППА) доцільно будувати за трансиверною схемою з роздільними трактами прийому (ТПРМ) і передачі (ТПРД). До складу АРРС повинні входити два комплекти ППА (ППА I та ППА II). Комплекс I ППА - для взаємодії з наземною радіостанцією на частоті f_1 , а комплекс II ППА - для взаємодії з бортовими радіостанціями ПвС на частоті f_2 .

Для обох комплектів ППА спільним є синтезатор гетеродинних частот, який забезпечує формування гетеродинних сигналів для ТПРМ і ТПРД. Крім цього, до складу АРРС для забезпечення автоматичного перемикання відповідних ТПРМ і ТПРД з режиму прийому у режим передачі та навпаки, а також для контролю працездатності його апаратури повинен входити контролер. Для живлення ППА АРРС доцільно застосувати літієво-іонні або літієво-залізо-фосфатні акумуляторні батареї. У якості широкодіапазонних антен пропонується використовувати несиметричні вібратори.

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ В УМОВАХ СУЧАСНОЇ ВІЙНИ

*О.В. Білаш, к.е.н., доцент; М.І. Войтович, к.ф.-м.н., доцент
Національна академія сухопутних військ
ім. гетьмана Петра Сагайдачного*

Сучасна війна характеризується високим рівнем технологізації та широким використанням безпілотних систем. Безпілотні літальні апарати (БпЛА) відіграють вирішальну роль у розвідці, коригуванні вогню, логістиці та нанесенні ударів по противнику. Досвід бойових дій останніх років, зокрема в Україні, показав, що ефективність БпЛА залежить не лише від їхніх технічних характеристик, але й від рівня підготовки операторів, якості технічного обслуговування, умов експлуатації та здатності протидіяти засобам радіоелектронної боротьби.

Технологічними шляхами підвищення ефективності експлуатації БпЛА є: інтеграція штучного інтелекту; автоматичне виявлення та класифікування цілі за допомогою комп'ютерного зору; застосовувати адаптивні алгоритми ухилення від ворожих перешкод; оптимізувати маршрути польоту відповідно до рельєфу та бойової ситуації; підвищення стійкості до радіоелектронної боротьби; енергетична ефективність і живлення; використання цифрових двійників; модульність і ремонтпридатність.

Отже, підвищення ефективності експлуатації БпЛА в умовах сучасної війни необхідно здійснювати технічне вдосконалення. Найважливішими напрямками є: використання штучного інтелекту та автономних систем керування; впровадження цифрових двійників і систем прогностного обслуговування; оптимізація енергетичних систем і модульної архітектури.

ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ МЕТОДІВ НАВІГАЦІЇ В СУЧАСНИХ БПЛА

Р.В. Василенко¹; Т.В. Паращенко², д.філос.

*¹Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба;*

*²Державний науково-дослідний інститут випробувань і
сертифікації озброєння та військової техніки*

Сучасні методи навігації для БПЛА стикаються з низкою викликів, що потребують подальшого аналізу і вибору методів навігації, які можуть бути реалізовані на сучасних комп'ютерних компонентах.

Гібридні системи з RTK (Real-Time Kinematic), які використовуються в БПЛА для точного визначення місцеположення, забезпечують точність до 10 см завдяки використанню корекційних даних з наземних станцій, що підвищує надійність навігації в реальному часі. Прикладом може бути OEM-IMU-EG320N – високоефективний інерціальний модуль на основі MEMS від компанії Epson, підтримуючий SPAN технологію компанії NovAtel Inc. (комплексування інерціальних і супутникових систем за тіснопов'язаною схемою). EG320N містить гіроскопи і акселерометри з низьким рівнем шуму в невеликому, легкому корпусі. Інерціальний модуль EG320N, сумісний з GNSS приймачами серії OEM7 компанії NovAtel Inc., через інтерфейс SPI. EG320N забезпечує високу точність вимірювань з продуктивністю і надійністю в дуже малому форм-факторі. Це ключовий компонент ІНС БПЛА, де потрібен малогабаритний інерціальний вимірювальний блок для підтримки функціонування на період втрати сигналів систем супутникової навігації.

Комбіновані рішення з інтеграцією GNSS та MEMS сенсорів, які застосовуються для забезпечення стабільної навігації, мають сукупне споживання до 200 міліват, що дозволяє зберігати баланс між продуктивністю та енергоефективністю.

**ПРОТИЗЛЕДЕНІЛЬНА СИСТЕМА ДЛЯ БПЛА:
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПОЛЬОТІВ У
СКЛАДНИХ МЕТЕОУМОВАХ**

*В.П. Мельник; А.Г. Шкабура; Р.В. Древенчук
Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

У сучасних умовах експлуатації безпілотних літальних апаратів однією з критичних проблем залишається вплив низьких температур та обмерзання конструкцій. Формування льоду на крилах, пропелерах чи сенсорах БПЛА призводить до різкого зниження аеродинамічної характеристики, збільшення енергоспоживання, втрати керованості та аварійних ситуацій. Тому створення ефективної протизледенільної системи стає важливою складовою забезпечення безпеки та стабільності польотів.

Протизледенільні системи для БПЛА поєднують декілька технологічних підходів: електротеплові елементи, антифризні покриття та інтелектуальні алгоритми контролю стану поверхонь. Електричні нагрівальні модулі встановлюються у зонах найбільш імовірного льодоутворення — на передніх кромках крил, пропелерних лопатях та датчиках.

Інтелектуальний блок управління, який постійно аналізує дані температурних, вологісних та оптичних сенсорів, дозволяє точно визначати момент початку льодоутворення та прогнозувати інтенсивність обмерзання. Завдяки застосуванню алгоритмів машинного навчання система вибирає оптимальний режим роботи — профілактичний підігрів, активне розморожування або енергозберігаючий режим, що забезпечує своєчасне видалення льоду без надмірного навантаження на енергосистему апарата.

Завдяки інтеграції протизледенільної системи із системами навігації та автоматичного керування, БпЛА здатний виконувати завдання у складних погодних умовах, зменшується ризик аварій, підвищується автономність та надійність польоту. Такі рішення відкривають можливості для розширення експлуатаційних меж безпілотних платформ, забезпечуючи їх стабільну роботу в умовах низьких температур та високої вологості.

ПЕРЕТВОРЕННЯ ФУР'Є ЯК КЛЮЧОВИЙ ІНСТРУМЕНТ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛІЗУ СИГНАЛІВ У СИСТЕМАХ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ БОРОТЬБИ (РЕБ)

Н.Б. Сокульська, к.ф.-м.н., доцент;

Л.Д. Величко, к.ф.-м.н., доцент;

Р.А. Ковальчук, к.т.н., доцент

Національна академія сухопутних військ

ім. гетьмана Петра Сагайдачного

У сучасних системах радіоелектронної боротьби (РЕБ) ефективно виявлення, класифікація та нейтралізація сигналів противника неможливе без глибокого спектрального аналізу. Перетворення Фур'є — фундаментальний математичний апарат, що дозволяє здійснити перехід від часової області до частотної, відкриваючи доступ до прихованих характеристик сигналу. У контексті РЕБ це означає можливість виявлення маскованих, імпульсних, широкосмугових та адаптивних сигналів, які складно ідентифікувати в часовому домені.

Перетворення Фур'є дозволяє зобразити будь-який часовий сигнал як суму гармонічних складових, спектральний аналіз якого допомагає точно визначити частотні характеристики джерел перешкод, навіть якщо вони маскуються під фоновий шум або змінюють частоту в реальному часі. Завдяки перетворенню Фур'є можлива класифікація сигналів за формою спектра: імпульсні, синусоїдальні, шумові, модуляційні. Це дозволяє автоматизувати процес розпізнавання типу загрози. Крім того, формуються фільтри, які пригнічують перешкоди в заданих частотних діапазонах, зберігаючи корисний сигнал. У поєднанні з фазовими методами та антенними решітками перетворення Фур'є дозволяє визначати не лише частоту, а й напрямок на джерело сигналу. Перетворення Фур'є забезпечує перехід з часової області в частотну, відкриваючи доступ до критичних характеристик сигналу, необхідних для виявлення, класифікації та нейтралізації загроз.

ІНЖЕНЕРНІ РІШЕННЯ НА ОСНОВІ КОМПЛЕКСНОЇ АРИФМЕТИКИ ДЛЯ ЕФЕКТИВНОЇ ЦИФРОВОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ

*Н.Б. Сокульська, к.ф.-м.н., доцент;
О.В. Білаш, к.е.н., доцент; М.С. Нагорний
Національна академія сухопутних військ
ім. гетьмана Петра Сагайдачного*

У сучасних системах радіоелектронної боротьби (РЕБ) цифрова фільтрація відіграє ключову роль у виявленні, класифікації та нейтралізації сигналів противника. Застосування комплексної арифметики в алгоритмах фільтрації відкриває нові можливості для підвищення точності, адаптивності та енергоефективності обробки сигналів. У даній роботі здійснено огляд наукових підходів до реалізації таких рішень, визначено їх переваги, обмеження та перспективні напрями розвитку.

Більшість сигналів, що обробляються в системах РЕБ, мають фазову та амплітудну складові, які природно описуються комплексними числами. Це забезпечує ефективну реалізацію фазових, частотних та когерентних фільтрів, підвищує точність спектрального аналізу, оптимізує обчислювальні ресурси, точно налаштування фільтрів у реальному часі, що особливо важливо для боротьби з динамічними перешкодами.

Комплексна арифметика є потужним інструментом для реалізації високоточних, адаптивних та енергоефективних цифрових фільтрів у системах РЕБ. Незважаючи на технічні виклики, її застосування відкриває перспективи для інтеграції з інтелектуальними системами, оптимізації апаратних рішень та підвищення ефективності радіоелектронної боротьби. Подальші дослідження мають бути спрямовані на розробку стандартизованих архітектур, адаптованих до специфіки комплексної обробки сигналів у реальному часі.

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОФІЛЮ ТА ГЕОМЕТРІЇ КРИЛА ДЛЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПОЛЬОТУ БПЛА

Н.Б. Сокульська, к.ф.-м.н., доцент;

Н.М. Гузик, к.ф.-м.н., доцент;

Х.І. Ліщинська, к.т.н., доцент

Національна академія сухопутних військ

ім. гетьмана Петра Сагайдачного

Енергоефективність безпілотних літальних апаратів (БПЛА) є критичним параметром для забезпечення тривалості польоту, маневреності та зниження витрат енергії. Одним із ключових чинників, що впливають на ці характеристики, є геометрія та профіль крила. У сучасному аеродинамічному моделюванні дедалі ширше застосовується теорія функцій комплексної змінної, зокрема конформні перетворення, які дозволяють математично точно описувати обтікання профілю, розподіл тиску та зони відриву потоку. Найвідомішим прикладом є перетворення Жуковського, що стало основою для побудови класичних профілів крил.

Функції комплексної змінної, які зберігають кут між кривими (конформні), дозволяють перетворювати прості геометричні форми (наприклад, коло) у складні контури профілю крила. Це дає змогу аналітично моделювати обтікання, не вдаючись до чисельного розв'язання рівнянь Нав'є-Стокса. Класичне перетворення Жуковського дозволяє трансформувати коло в профіль крила з гострою задньою кромкою. Воно широко використовується для побудови симетричних та асиметричних профілів, що забезпечують різні характеристики підйомної сили та опору.

Аналітичні методи забезпечують точність, гнучкість та інтеграцію з сучасними інженерними середовищами. Водночас, для повноцінного використання їх потенціалу необхідна подальша розробка узагальнених перетворень, адаптація до реальних умов та інтеграція з оптимізаційними алгоритмами.

ДВИГУНИ І ПАЛИВА ДЛЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

*Т.П. Мухіна, к.х.н., доцент; В.М. Гаврилова
Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Безпілотні літальні апарати (БпЛА) показали себе надзвичайно ефективними на сучасній війні. Невеликі і середні, зокрема FPV дрони, працюють на простих за конструкцією безшумних безколекторних електричних двигунах з Лі-полімерними акумуляторними батареями. Триваліший час польоту забезпечують водневі паливні елементи, в яких на аноді окиснюється водень, а на катоді відновлюється кисень повітря. Замість водню у паливних елементах застосовують також метанол або бутан. У гібридних системах паливні елементи, що надають потужність для тривалого польоту, поєднуються з акумуляторами, які є джерелом додаткової енергії для зльоту та прискорення.

Великі потужні БпЛА потребують поршневих двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ). Поршнєві бензинові двигуни використовують стандартні бензини, а дизельні двигуни великих військових БпЛА – дизельне пальне або авіаційний гас. Система турбонаддуву підвищує потужність ДВЗ, економить паливо, є безумовно ефективною для дизелів, але підвищує ймовірність детонації на бензинових двигунах.

На великих військових БпЛА встановлюють ТГвД й ТРД. Для БпЛА вертольотного типу як маршеві розробляють малорозмірні ТВад. У перспективі планується перехід до надмалих ГТД, рідинних (РРД) та твердопаливних (РДТП) ракетних двигунів, а з часом – до силових пристроїв, що використовують нові види енергії (ядерну, енергію електричних та магнітних полів і т. д.).

ДІАГНОСТИКА АКАМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ БПЛА У СУЧАСНІЙ ЗБРОЙНІЙ БОРОТБІ

Ю.В. Георгієв; Д.В. Нестерова; Ю.О. Миронюк

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

У сучасних умовах ведення бойових дій безпілотні літальні апарати (БПЛА) стали одним із ключових елементів розвідки, цілевказання та ураження противника. Ефективність їхнього застосування значною мірою залежить від технічного стану акумуляторних батарей, які забезпечують енергоживлення бортових систем. Своєчасна діагностика акумуляторів дає змогу запобігти відмовам у польоті, підвищити надійність БПЛА та оптимізувати використання енергетичних ресурсів.

Застосування сучасних методів діагностики - таких як моніторинг температурних та напружових характеристик, аналіз внутрішнього опору та алгоритми прогнозування залишкової ємності - є критично важливими для підтримання боєздатності флоту безпілотників. Ці технології дозволяють своєчасно виявляти деградацію елементів живлення, визначати оптимальні режими заряджання та розряджання, а також мінімізувати ризики виходу батарей з ладу в умовах бойового навантаження.

Окремої уваги заслуговує впровадження інтелектуальних систем управління енергоживленням (Battery Management System, BMS), що інтегруються у конструкцію БПЛА. Вони забезпечують автоматизований збір і аналіз даних у реальному часі, формування звітів про стан батарей та попередження екіпажу або оператора про потенційні несправності. Це сприяє підвищенню ефективності технічного обслуговування, зменшенню витрат на ремонт і продовженню життєвого циклу акумуляторів.

Таким чином, удосконалення методів діагностики та моніторингу акумуляторних батарей БПЛА є важливою складовою розвитку сучасних систем безпілотної авіації у збройній боротьбі. Високоточна діагностика сприяє підвищенню надійності, оперативності та бойової стійкості безпілотних комплексів, що безпосередньо впливає на ефективність

виконання бойових завдань та збереження ресурсів Збройних Сил.

ЦИФРОВЕ КЕРУВАННЯ АВІАЦІЙНИМ ДВИГУНОМ ЯК КЛЮЧОВИЙ ЕЛЕМЕНТ СУЧАСНИХ БПЛА

*О.С. Лиходєєв; А.В. Мартиненко; С.В. Кальмуцький
Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

У сучасних авіаційних технологіях простежується чітка тенденція до підвищення рівня автоматизації та надійності силових установок. Одним із ключових інструментів такого розвитку є система повного цифрового керування авіаційним двигуном – FADEC (Full Authority Digital Engine Control). Якщо в пілотованій авіації FADEC давно став стандартом, то у сфері безпілотних літальних апаратів (БПЛА) його впровадження стрімко набирає обертів.

Основною передумовою використання FADEC у БПЛА є необхідність забезпечення автономного, швидкого й адаптивного керування двигуном у складних умовах польоту. На відміну від традиційних систем, FADEC повністю замінює механічні або гідравлічні канали керування та виконує оптимізацію режимів роботи двигуна в режимі реального часу.

Система FADEC є ключовою технологією, що дозволяє великим БПЛА виконувати тривалі автономні місії. Вона поєднує роботу складних двигунів із потребою в економії пального та високій автономності, тому є необхідною для всіх високотехнологічних БПЛА: середнього й великого класу, систем MALE (Medium-Altitude Long-Endurance) та HALE (High-Altitude Long-Endurance), а також розвідувальних і ударних дронів, де важливі відмовостійкість і точність керування двигуном. FADEC оптимізує роботу двигунів внутрішнього згоряння та турбогвинтових силових установок, автоматизуючи запуск, регулювання суміші та запалювання. Для БПЛА з тривалим польотом система забезпечує економію пального, збільшуючи дальність і час місії. В автономних комплексах FADEC самостійно реагує на зміни умов польоту й параметрів двигуна,

зменшуючи потребу в постійному контролі та ручних налаштуваннях.

Таким чином, впровадження FADEC у БпЛА є одним із ключових напрямів розвитку сучасних автономних авіаційних систем. Цифрове керування силовою установкою не лише підвищує ефективність і керованість, але й розширює функціональні можливості безпілотних платформ, роблячи їх придатними для складних цивільних та оборонних завдань.

МОДЕЛІ І МЕТОДИ РАЦІОНАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ В СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ ПОЛЬОТОМ БПЛА

Р.В. Древенчук; Е.К. Василенко; О.М. Доценко

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

За час повномасштабної війни в Україні, ЗСУ у тому числі і Повітряні Сили почали використовувати безпілотні літальні апарати (БпЛА). Якщо на початку війни БпЛА використовувались лише як засоби повітряної розвідки то зараз вони ви. Основними критеріями вибору контролера первинної інформації є їх гранично малі масогабаритні характеристики, висока точність та швидкодія, а також конкурентоспроможна ціна. Існує багато різних контролерів на базі автопілота. Основними критеріями вибору контролера первинної інформації є їх гранично малі масогабаритні характеристики, висока точність та швидкодія, а також конкурентоспроможна ціна.

Існує багато різних контролерів на базі автопілота. Була..розроблена..функціональна структура розробленого алгоритму програмної реалізації адаптивного керування кутом крену..безпілотного..літального..апарата...Метою траєкторного керування БпЛА є формування керуючого сигналу крену за умови автоматичного керування польотом БпЛА, для чого була розроблена логіка навігації БпЛА на основі адаптивного керування кутом крену. Після проведення дослідження були зроблені такі висновки: Контролер ArduPilotMega повністю задовольняє потреби які необхідні для керування БпЛА. А саме

для автоматичного управління за заданим маршрутом, політ по координатам. Також має можливість двостороннього зв'язку з наземною станцією управління (телефон, ноутбук, планшет), що дозволяє постійно відстежувати польотно-інформаційні параметри та записувати їх у базу даних; Інтелектуалізація системи автоматичного управління розширює функціональні можливості БПЛА.

МЕТОДИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ПАЛИВНОЇ СИСТЕМИ BAYRAKTAR TB2 ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ В БОЙОВИХ УМОВАХ

Р.В. Василенко; Д.І. Бобрівник

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Bayraktar TB2 є важливим засобом для виконання розвідувальних завдань, коригування вогню та ураження цілей. Проте під час виконання бойових завдань БПЛА може зазнавати впливу ударних вібрацій, перегріву або механічних ушкоджень, що підвищує імовірність відмови низки систем, зокрема паливної, що здатна призвести до втрати БПЛА.

Наразі більшість безпілотників, включно з Bayraktar TB2, мають недостатньо захищені й надійні паливні системи, що збільшує ризик їх ушкодження чи виведення з ладу під час виконання завдань.

Напрямок модернізації є впровадження додаткового противібраційного компонування в паливну систему, що забезпечить стабільнішу роботу датчиків паливної системи. Також можливе покращення термоізоляції шляхом застосування термоізолювальної скловолоконної обмотки для запобігання змінам температури палива на шляху до двигуна, що сприятиме його стійкій роботі. Додаткове встановлення мембранних датчиків тиску дозволить здійснювати постійний контроль стану паливної системи, завдяки чому екіпаж Bayraktar TB2 зможе своєчасно виявляти пошкодження, несправності та падіння тиску

в паливній системі, отримуючи час для прийняття відповідних рішень.

Запропоновані вдосконалення дадуть змогу зменшити ризики відмов у паливній системі Bayraktar TB2, що підвищить його надійність і збільшить живучість БпЛА під час виконання бойових завдань.

АНАЛІЗ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ЛЬОТНО-ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК РОЗВІДУВАЛЬНОГО БПЛА

В.В. Кравчук

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

На основі проведеного аналізу льотно-технічних характеристик розвідувальних БпЛА, які використовуються в бойових діях на території України, економічної доцільності та можливостей вітчизняної промисловості по створенню нового розвідувального БпЛА, доводиться актуальність модернізації існуючих БпЛА для збору розвідувальної інформації.

Для сучасних БпЛА характерні невеликий діапазон швидкості на малих висотах та відносно висока помітність. Пропонується використання БпЛА розвідника з новим ТРДД для підвищення його швидкості. Літаки повинні бути не дорогими, надійними, економічними і мати невелику вагу.

Для обраного існуючого літака розвідувального типу потрібно вибрати двигун, який зміг би забезпечити високу економічність, живучість і забезпечити стійку роботу на протязі всього польоту та не поступався іншим іноземним аналогам. Таким двигуном є малорозмірний вітчизняний турбореактивний двоконтурний двигун МС-400, який використовується для дозвукових літальних апаратів різного призначення.

Необхідність якісного виконання бойових завдань потребує від розвідувального БпЛА високих льотно-технічних характеристик. Одними з основних характеристик є швидкість

літального апарату та тяга двигуна. Підвищення цих параметрів є доцільним і перспективним.

У роботі доведена можливість створення літака на основі використання існуючої аеродинамічної схеми та використання нового авіаційного двигуна. Основними перевагами такого БпЛА є зниження його собівартості при збереженні можливості проведення розвідки передових позицій ворога тилових районів за лінією фронту.

AVIATION COMMUNICATIONS AND TELECOMMUNICATIONS TODAY

S. Boiko, Ph.D., Associate Professor;

A. Reuta

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Telecommunications and radio engineering are an important system of modern aviation. Without them, safe, efficient and cost-effective flight operations are impossible. Every second of flight is accompanied by the exchange of information between the aircraft, controllers, airports and satellites, and the lives of thousands of people depend on the reliability of this exchange every day. The basis of communication is voice radio communication in the VHF range (118–137 MHz), which provides clear communication at a distance of up to 300–400 km within direct visibility. In remote oceanic and polar regions, short-wave HF communication is used, and for global coverage satellite systems.

Among the main challenges are the vulnerability of GPS to deliberate jamming and spoofing, cybersecurity of aviation networks and the need for global harmonization of standards. The International Civil Aviation Organization (ICAO) in Annex 10 regulates in detail all aspects of aviation communication and navigation, and frequency planning is coordinated through the International Telecommunication Union (ITU).

Therefore, telecommunications and radio engineering in aviation are not just technical means, they are the foundation on which the

entire modern air transport system rests. Not only safety, but also the ability of aviation to respond to the challenges of the 21st century, including traffic growth, emissions reduction, the emergence of unmanned aerial vehicles, and new types of air mobility, depends on their development.

МЕТОДИ ЗНИЖЕННЯ ПОМІТНОСТІ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

*С.В. Барченко; Г.П. Озеран; О.В. Лук'янець, к.е.н., доцент
Державний науково-дослідний інститут випробувань і
сертифікації озброєння та військової техніки*

Одним із ключових напрямів розвитку безпіотної авіації у сучасній збройній боротьбі є зниження їхньої помітності у всіх спектрах виявлення – радіолокаційному, інфрачервоному, електромагнітному, акустичному та візуальному. Зниження помітності безпілотних літальних апаратів (далі – БпЛА) забезпечується поєднанням оптимізації форми корпусу з погляду аеродинаміки, застосування радіопоглинаючих матеріалів та інноваційних конструкторських рішень.

Основним методом зниження ефективності поверхні розсіювання БпЛА є оптимізація форми корпусу – використання обтічних контурів та кутових площин. Значний ефект дає впровадження композитних матеріалів і наноструктурованих, які здатні поглинати або розсіювати електромагнітні хвилі.

Зниження ймовірності виявлення БпЛА тепловізійними засобами досягається за рахунок інтегрованого проектування вихлопних систем, охолодження компонентів і використання спеціальних ІЧ-покриттів.

Оптимізація лопатей пропелерів, антивібраційні підвіски, фарбування під навколишнє середовище покращує акустичне й візуальне маскування.

Таким чином, зниження помітності сучасних БпЛА є багатокомпонентним завданням, вирішення якого потребує застосування матеріалознавчих, конструкційних та

технологічних інновації для підвищення ефективності функціонування безпіотної авіації на сучасному полі бою.

**ВИБІР ФІКСОВАНИХ ПАРАМЕТРІВ АЛГОРИТМІВ
РАДІОЛОКАЦІЙНОГО СУПРОВОДЖЕННЯ
БЕЗПЛОТНИХ ПОВІТРЯНИХ ОБ'ЄКТІВ ЗА
ДАЛЬНОСТЮ**

А.О. Білик; А.О. Ковальчук, к.т.н., доцент

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Здатність безпілотних літальних апаратів та крилатих ракет до раптових маневрів призводить до суттєвого погіршення точності слідкувального вимірювання їх координат. Покращення точності та стійкості супроводження радіотехнічними слідкуючими системами багатоканальних РЛС може здійснюватися із відповідним корегуванням параметрів алгоритмів слідкування.

Для рішення задачі вибору фіксованих параметрів алгоритмів функціонування радіотехнічної слідкуючої системи за дальністю запропоновано:

визначити діапазон можливих значень параметрів моделі руху повітряних об'єктів;

для системи супроводження розрахувати параметри алгоритму функціонування оптимальними за критерієм мінімуму середнього квадрата помилки слідкування;

для різних відношень сигнал/шум визначити параметри статистичних характеристик часового дискримінатора;

користуючись шириною апертури характеристик часового дискримінатора знайти залежність ймовірності відсутності зриву супроводження від параметрів моделі руху повітряних об'єктів та спостережень, у відповідності до яких розраховуються фіксовані значення параметрів алгоритму слідкування;

провести фіксацію параметрів алгоритму функціонування радіотехнічної слідкуючої системи за дальністю, які забезпечують максимальну ймовірність відсутності зриву слідкування.

Запропонована методика дозволяє визначати значення

фіксованих параметрів алгоритмів слідкування, за яких покращується стійкість радіолокаційного супроводження безпілотних повітряних об'єктів.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПОБУДОВИ МАРШРУТУ ГРУПИ РОЗВІДУВАЛЬНИХ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

І.М. Большакова; Я.Р. Чопенко; К.О. Коваль

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

При виконанні завдань повітряної розвідки (ПР) групове застосування безпілотних літальних апаратів (БпЛА) дозволяє підвищити вірогідність виконання завдання та його оперативність і являється актуальною сферою їх застосування. Використання групи БпЛА дозволяє значно скоротити час виконання завдань при застосуванні на великій території, що обумовлено обмеженими можливостями встановлюваних на кожен окремий апарат сенсорів.

Особливістю бойового застосування групи БпЛА під час ПР об'єктів противника полягає в тому, що їх дії повинні адаптуватися до змінних умов функціонування. Наприклад, зміна погодних умов може обмежити можливості руху наземного транспорту (з точки зору його прохідності), що призведе до скорочення областей можливого знаходження об'єктів. БпЛА повинні самостійно приймати рішення і планувати свої дії на основі аналізу поточної ситуації. Тому для автономних БпЛА недостатні можливості існуючих систем технічного зору для проведення ПР, виявлення та розпізнавання окремих об'єктів, а необхідним є наявність знань про побудову маршруту в реальному масштабі часу в залежності від поточної ситуації. Пропонується технологія аналізу ситуації, яка реалізується на основі використання бази даних, бази знань та описів завдання ПР.

Таким чином, формалізоване представлення процедури ПР об'єктів противника групою БПЛА створює основу для автоматизації процесу побудови маршрутів групи розвідувальних БПЛА.

ПОЛПШЕНА МОДЕЛЬ ДЕТЕКЦІЇ ОБ'ЄКТІВ У ВІДЕОПОТОКАХ БПЛА

Е.С. Кайдан; Д.М. Крицький

Національний аерокосмічний університет

“Харківський авіаційний інститут”

Удосконалення алгоритмів комп'ютерного зору для аналізу відеопотоків БПЛА є важливим завданням для підвищення точності розвідки та ситуаційної обізнаності. У роботі представлено модернізацію системи детекції наземних об'єктів, спрямовану на покращення її стабільності в умовах низької якості зображення, змінних ракурсів та наявності завад. Основний акцент зроблено на переході до архітектури YOLO11s, оптимізації структури класів та зміні методів передобробки даних, що забезпечило підвищення точності й швидкодії.

Заміна попереднього масштабування на паддинг білими полями дала змогу зберегти пропорції об'єктів і зменшити помилки, пов'язані з деформацією зображення. Скорочення кількості класів знизило навантаження на класифікатор та підвищило впевненість прогнозів. Перехід до YOLO11s забезпечив суттєве зростання глибини моделі: обсяг ваг збільшився приблизно втричі, що покращило якість узагальнення без значного зростання вимог до обчислювальних ресурсів. Попри більшу кількість параметрів, навчання тривало менш ніж 30 хвилин порівняно з понад двома годинами для YOLOv8n, що демонструє підвищену ефективність нової архітектури.

Отримані результати показали зростання точності, recall та стійкості детекції на складних відеофрагментах, включно з зонами низького контрасту та часткової оклюзії. Модель впевненіше розпізнає малі та замасковані об'єкти, що є критично

важливим у реальних оперативних умовах. Запропоновані вдосконалення роблять систему перспективною для використання у складі автономних модулів аналізу відеопотоків БПЛА та підвищують ефективність підтримки прийняття рішень у тактичних операціях.

РОЙОВА ОРГАНІЗАЦІЯ РУХУ eVTOL-ПЛАТФОРМ

Е.С. Кайдан; О.С. Крицька

Національний аерокосмічний університет

“Харківський авіаційний інститут”

Стрімке зростання використання eVTOL та безпілотних літальних апаратів у міських повітряних просторах вимагає створення масштабованих і відмовостійких моделей колективної взаємодії. Традиційні централізовані методи керування втрачають ефективність зі збільшенням кількості апаратів та підвищеною залежністю від каналів зв'язку. Натомість ройові підходи, побудовані на принципах самоорганізації, забезпечують адаптивність, стійкість до втрат окремих агентів та здатність підтримувати координацію в умовах невизначеності.

У роботі реалізовано модель рою на основі алгоритму Boids, адаптовану для груп eVTOL-платформ. Три базові правила — розділення, вирівнювання та когезія — доповнені механізмом ухилення від перешкод та динамічною зміною складу рою залежно від працездатності агентів. Модель реалізовано у середовищах ROS і Gazebo, що дозволило оцінити поведінку рою у сценаріях з переміщенням до цілі, оточенням рухомого об'єкта, вибором атакуючого дрона та поверненням до вихідних позицій після виконання завдання.

Отримані результати демонструють стабільність формації, рівномірний розподіл агентів під час оточення та успішне перехоплення цілей навіть при зміні їхньої траєкторії. Під час симуляцій рій коректно уникав статичних перешкод та оперативно реагував на відмову окремих платформ, виключаючи несправні UAV зі спільних обчислень. Така поведінка

підтверджує потенціал bio-inspired алгоритмів для організації трафіку eVTOL, зокрема у задачах супроводу, перехоплення та автономного управління у щільних міських зонах.

ЩОДО НАДІЙНОСТІ ТА РЕСУРСУ АМОРТИЗАЦІЙНИХ СТОЯКІВ ШАСІ ПОВІТРЯНОГО СУДНА

М.В. Алтухов; І.В. Кравченко

Харківський національний університет Повітряних Сил

ім. Івана Кожедуба

У роботі розглянуто особливості роботи амортизаційних стояків шасі повітряного судна, їх вплив на безпеку виконання зльоту та посадки, а також проаналізовано типові відмови, що виникають під час експлуатації. Запропоновано комплекс технічних та організаційних заходів, спрямованих на підвищення ресурсу, безвідмовності та живучості амортизаційних стояків, з урахуванням сучасних вимог та досвіду бойових дій. Окрема увага приділена вдосконаленню конструкції, застосуванню сучасних матеріалів, неруйнівних методів контролю та впровадженню систем оцінки технічного стану за фактичним навантаженням.

Розглянуто комплексний підхід до підвищення надійності амортизаційних стояків шасі, які виконують критично важливу функцію поглинання ударних навантажень під час посадки літака. Надійність стояків безпосередньо впливає на безпеку польотів, оскільки їх відмова може призвести до руйнування шасі, пошкодження літака або аварійної ситуації. З'ясовано, що підвищення ресурсу та безвідмовності амортизаційних стояків є важливою умовою підвищення загальної безпеки польотів. Комплекс технічних та організаційних заходів, включно з удосконаленням конструкції, впровадженням неруйнівних методів контролю та систем моніторингу стану, дозволяє знизити ймовірність відмов, продовжити ресурс агрегатів та підвищити ефективність експлуатації авіаційної техніки.

СИСТЕМА ЗАХИСТУ БПЛА ІЗ ВПРОВАДЖЕННЯМ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ МОДУЛІВ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

Є.А. Родюк; І.І. Стеблюк

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

У сучасних умовах застосування безпілотних літальних апаратів особливої важливості набуває створення адаптивних систем захисту, здатних забезпечувати стійке функціонування БПЛА в умовах дії різнорідних загроз. Одним із ключових напрямів розвитку таких систем є впровадження інтелектуальних модулів прийняття рішень, які дозволяють дрону автономно оцінювати ситуацію та оперативно реагувати на небезпеку.

Інтелектуальні модулі прийняття рішень базуються на алгоритмах штучного інтелекту, що аналізують дані зі спектру сенсорів: відеокамер, інерційних датчиків, радіолокаційних систем та телеметричних каналів. Завдяки машинному навчанню БПЛА може визначати типи загроз, прогнозувати їхню поведінку та обирати оптимальний алгоритм реакції. Це забезпечує швидке виконання маневрів ухилення, перемикання на резервні режими роботи або активацію контрзаходів без участі оператора.

Важливим елементом таких систем є здатність інтелектуальних модулів діяти в умовах невизначеності. Алгоритми оцінюють ризики, зіставляють кілька можливих сценаріїв та приймають рішення, спрямовані на збереження апарата та продовження виконання місії. Інтеграція таких рішень із бортовими системами навігації та керування підвищує автономність дронів і зменшує залежність від зовнішніх каналів зв'язку.

Завдяки впровадженню інтелектуальних модулів прийняття рішень система захисту БПЛА стає більш гнучкою, швидкодіюною та ефективною. Вона здатна адаптуватися до раптових змін обстановки, забезпечує стійкість до різних видів впливу та розширює можливості застосування дронів у складних умовах. Такі технології формують новий рівень розвитку

безпілотних платформ і створюють основу для побудови повністю автономних систем захисту.

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМ ВЗВЕДЕННЯ ПІДРИВАЧІВ ЗАСОБАМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО САМОКОНТРОЛЮ В УМОВАХ ПРОТИДІЇ БПЛА

Д.О. Майданіченко; Д.О. Березицький

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

У сучасних умовах зростаючої ролі безпілотних літальних апаратів (БПЛА) як засобів розвідки, радіоелектронного впливу та ударних платформ особливої актуальності набуває підвищення надійності систем взведення підривачів боєприпасів. Одним із перспективних напрямів є впровадження автоматизованих алгоритмів самоконтролю, які забезпечують постійний моніторинг стану елементів взвідного механізму, оперативне виявлення відхилень та адаптивне налаштування параметрів роботи під впливом зовнішніх перешкод.

Системи автоматизованого самоконтролю дають змогу своєчасно ідентифікувати потенційні відмови, спричинені дією засобів РЕБ, вібраційними навантаженнями або навмисними спробами втручання з боку БПЛА. Застосування багатоканального контролю, цифрової фільтрації сигналів та методів оцінки працездатності на основі моделі нормального функціонування дозволяє забезпечити стійкість взведення, зменшити ймовірність несвоечасного або хибного спрацювання та підвищити загальну живучість боєприпасу в умовах активної протидії.

Упровадження таких інтелектуальних систем у підривачі нового покоління сприяє зростанню ефективності застосування озброєння та підвищує рівень безпеки для особового складу, техніки й інфраструктури, що робить автоматизований самоконтроль ключовим елементом розвитку сучасних засобів ураження.

ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЦИФРОВОГО МОДЕЛЮВАННЯ В АВІАЦІЙНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

О.В. Касянчик

Державний науково-дослідний інститут авіації

Сучасна авіаційна наука перебуває на етапі глибокої цифрової трансформації, що охоплює всі рівні – від етапу проєктування до технічного супроводу експлуатації літальних апаратів. Ключову роль у цьому процесі відіграють інформаційно-аналітичні технології цифрового моделювання (Computational Fluid Dynamics, CFD), які забезпечують багатофакторний аналіз аеродинамічних процесів і конструкційних рішень у віртуальному середовищі. Використання CFD дозволяє відтворювати поведінку повітряних потоків навколо складних об'єктів, оцінювати вплив геометричних і динамічних параметрів на аеродинамічну ефективність, що суттєво скорочує обсяг натурних випробувань, мінімізує матеріальні витрати.

Інноваційним напрямом є впровадження цифрових двійників (Digital Twins) – інтегрованих кіберфізичних моделей, що поєднують CFD-розрахунки, сенсорні дані, алгоритми штучного інтелекту та машинного навчання. Такі системи функціонують у режимі реального часу, забезпечуючи моніторинг технічного стану, раннє виявлення дефектів і прогнозування залишкового ресурсу конструкційних елементів. Інтеграція цифрових двійників у системи технічної діагностики формує основу концепції “розумного обслуговування”, що базується на аналізі великих даних (Big Data) та інтернеті речей (IoT). Практичне застосування цифрового моделювання особливо актуальне у створенні безпілотних літальних апаратів (БПЛА), де важлива оптимізація геометрії крила, енергоспоживання та міцності при мінімальній масі. Об'єднання CFD-аналізу з експериментальними даними створює єдине інформаційно-аналітичне середовище, що дозволяє вносити коригування в конструкцію у реальному часі.

Таким чином, цифрове моделювання й аналітичні технології створення цифрових двійників стають основою розвитку інтелектуальних авіаційних систем.

**ПРОГРАМНО-АПАРАТНА МОДЕЛЬ МОНІТОРИНГУ
РАДІОЧАСТОТНОГО СПЕКТРУ В СИСТЕМІ
КЕРУВАННЯ БЕЗПІЛОТНИМ ЛІТАЛЬНИМ АПАРАТОМ**

Ю.В. Афанасьєв

Харківський національний університет радіоелектроніки

Аналіз досвіду протистояння широкомасштабній агресії російської федерації проти України свідчить про високу ефективність застосування безпілотних авіаційних комплексів для вирішення ударних, розвідувальних, спеціальних завдань. Висока інтенсивність використання безпілотних літальних апаратів (БпЛА) в обмеженому повітряному просторі, а також застосування засобів радіоелектронної боротьби, обумовлює створення складної радіоелектронної обстановки. Забезпечення надійності застосування БпЛА в таких умовах можливе шляхом адаптації каналів керування під фактичні умови радіоелектронної обстановки. Запропонована програмно-апаратна модель моніторингу радіочастотного спектру в системі керування БпЛА, як складова повітряного домену в концепції багатодомених операцій. В основу обґрунтування та реалізації системи покладено положення концепції Інтернету речей (IoT). Архітектура моделі включає: мережу вузлів з сенсорами для радіочастотного моніторингу, інфраструктуру потокової обробки даних, первинну обробку інформації, захист інформації.

Тестування моделі на функціональність підтвердило розрахункові характеристики. Отримані результати підтверджують можливість виконання таких завдань: моніторинг використання частотних ресурсів; підтримка управління каналами зв'язку для БпЛА. Аналітична обробка великих даних в режимі, близькому до реального часу, забезпечує необхідні умови для регуляторних органів з моніторингу радіочастотного спектру та умови що до його використання в системі керування безпілотним літальним апаратом.

**АНАЛІЗ ПІДХОДІВ ТА ЗАСОБІВ ПІДВИЩЕННЯ
АВТОНОМНОСТІ НАВІГАЦІЙНИХ СИСТЕМ
БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ**

*О.О. Клімішен, к.т.н., с.н.с.; А.Р. Бовкун; В.С. Матвєєва
Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Система навігації безпілотних літальних апаратів є ключовим компонентом, що забезпечує точне визначення їхнього положення у просторі. Автономні навігаційні комплекси дають змогу виконувати польоти навіть у районах, де супутниковий зв'язок повністю або частково пригнічується засобами радіоелектронної боротьби. Саме рівень автономності таких систем значною мірою визначає ефективність та бойову стійкість БпЛА в умовах сучасного протистояння з агресором.

Функціонування у автономному режимі гарантує стабільність польоту в складних умовах та дозволяє апарату виконувати поставлені завдання навіть за відсутності зовнішніх навігаційних сигналів. Це має особливе значення для розвідувальних та ударних безпілотників, для яких надійність, точність і неперервність навігації є критично важливими.

Для підвищення ефективності автономної навігації доцільним є застосування сучасних методів корекції маршруту, зокрема інерціальних систем та використання цифрових карт місцевості. Такий підхід розширює можливості БпЛА та знижує їхню вразливість до радіоелектронних перешкод.

Додатково перспективним напрямком є впровадження комбінованих навігаційних алгоритмів, що поєднують дані з оптичних сенсорів, лідарів, барометричних висотомірів та машинного зору. Інтеграція цих джерел інформації забезпечує більш точне формування траєкторії польоту, дозволяє компенсувати похибки інерціальних систем та підвищує надійність у динамічно змінних бойових умовах.

Сучасні автономні навігаційні системи є важливим інструментом підвищення ефективності використання БпЛА, що відповідає актуальним тенденціям ведення сучасної війни.

РОЗРОБКА МАЛОПОМІТНОЇ СИСТЕМИ НАВІГАЦІЇ БПЛА ДЛЯ РОБОТИ В УМОВАХ АКТИВНОГО РЕБ

К.С. Козлов

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Застосування БпЛА у сучасних бойових діях ускладнене активним впливом засобів РЕБ противника. Стандартні навігаційні системи, зокрема GNSS, часто втрачають точність або повністю виходять з ладу під час глушіння, що знижує ефективність виконання розвідувальних і ударних завдань. Це зумовлює потребу у створенні автономних малопомітних навігаційних рішень, здатних працювати в умовах інтенсивного РЕБ.

Запропонований навігаційний модуль поєднує інерційну навігацію, візуальні орієнтири та низькопотужні маяки з нестандартною модуляцією. Така система забезпечує визначення координат без активного випромінювання, зберігаючи прихованість БпЛА та підвищуючи стійкість до радіопридушення. Адаптивні алгоритми дозволяють компенсувати похибки інерційних датчиків і стабілізувати траєкторію польоту.

Отримані результати демонструють зменшення похибки позиціонування на 40–60% у порівнянні зі стандартними інерційними системами. Модуль забезпечує керованість та точність польоту навіть за повної відсутності GNSS, дає змогу виконувати завдання на низьких висотах і точно виходити в район цілі.

Рішення підходить для БпЛА малого та середнього класів, не потребує складних апаратних доопрацювань і може бути інтегроване у серійні зразки. Малогабаритна система навігації

підвищує автономність дронів і ефективність їх роботи в умовах активного РЕБ.

ЖИВУЧІСТЬ УКРАЇНСЬКИХ БПАК В УМОВАХ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ ТА КІБЕРПРОТИДІЇ

А.В. Рєзнік

Слов'янський фаховий коледж державного некомерційного підприємства “Державний університет “Київський авіаційний інститут”

В Україні, в сучасному збройному протистоянні, безпілотні авіаційні системи (Unmanned Aerial Systems, далі: UAS) є критичним елементом ведення бойових дій: від розвідки (ISR – Intelligence / Surveillance / Reconnaissance) до коригування вогню, нанесення точкових ударів та логістичної підтримки. В цей же час противник активно застосовує засоби радіоелектронної боротьби (РЕБ, Electronic Warfare, EW), кібер-атаки, спуфінг GPS-сигналів, перехоплення каналів управління — що зводить нанівець всі переваги UAS. Ось чому, тема підвищення живучості UAS в умовах активної протидії є надзвичайно актуальною з практичної та наукової точок зору.

Основна загроза, що зараз привертає до себе найбільшу увагу, пов'язана з тим, що ворог може глушити або спуфінгувати канали управління (C2 – Command & Control), GPS/GLONASS-сигнали, перешкоджати телеметрії, проникати у систему управління UAS, а високі темпи втрат безпілотників, нестача запасних частин, тривалі часи ремонту, нестача технічного персоналу створюють додатково логістичні та експлуатаційні загрози. На сучасному етапі відбувається інтеграція UAS з артилерією, що змінює характеристики вогню, але одночасно підвищує ризики від протидії, що зазначено у більшості публікацій відкритого доступу про конфлікт. Знову ж на цьому активізуються фізичні загрози, зокрема ураження засобами ППО/ЗРК, FPV-дронами противника, артилерійськими ударами.

Отже, впровадження безпечних способів зв'язку, забезпечення безпеки льотного обладнання, зокрема авіоінки та програмного забезпечення, а також створення модульної Unmanned Aerial Systems може підвищити рівень кіберзахисту та стати прогресивними кроками у підвищенні рівня виживання українських БПЛА у їх успішному використанні за призначенням.

ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОРОГІВ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗГОРТКОВОГО ТА LDPC-КОДУВАННЯ КАНАЛІВ ЗВ'ЯЗКУ БПЛА В УМОВАХ ВПЛИВУ РЕБ

В.В. Лютов¹; Ю.О. Вороніна²; А.В. Землянська¹

*¹Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба;*

²Військова частина А1402

Досвід ведення сучасних бойових дій свідчить про критичну важливість забезпечення стійкості каналів зв'язку безпілотних авіаційних комплексів (БПЛА) в умовах активного застосування противником засобів радіоелектронної боротьби (РЕБ). Вплив шумових та загороджувальних завад призводить до значного зниження відношення сигнал/шум (E_b/N_0), що вимагає застосування ефективних методів завадостійкого кодування.

Метою роботи є визначення граничних енергетичних умов застосування згорткових кодів та кодів з малою щільністю перевірок на парність (LDPC) для адаптивного управління каналами управління (C2) та передачі даних (C1) БПЛА.

Шляхом імітаційного моделювання в середовищі Python для каналу з адитивним білим гаусовим шумом (AWGN) проведено порівняльний аналіз ефективності кодів при цільовому рівні ймовірності бітової помилки $BER \leq 10^{-6}$.

Встановлено, що для забезпечення заданої достовірності ($BER \leq 10^{-6}$) LDPC-код ($R=1/2$) вимагає $E_b/N_0 \geq 4.0$ дБ, забезпечуючи енергетичний вигравш близько 4.0 дБ порівняно з некодованим QPSK-сигналом (який вимагає ≈ 8.0 дБ). Згортковий

код ($R=1/2$) для досягнення аналогічної достовірності потребує $E_b/N_0 \geq 6.0$ дБ.

Отримані результати (визначені граничні умови) дозволяють обґрунтувати диференційований підхід до захисту каналів БПЛА:

для каналу управління (C2), де критичною є затримка, доцільно використовувати згорткове кодування при $E_b/N_0 \geq 6.0$ дБ;

для каналу передачі даних (C1), де пріоритетом є енергоефективність, оптимальним є використання LDPC-кодів, що дозволяє підтримувати зв'язок при зниженні E_b/N_0 до 4.0 дБ.

Отримані результати є основою для розробки алгоритмів адаптивного управління параметрами фізичного рівня систем зв'язку БПЛА в умовах динамічної зміни задовою обстановка.

ОСОБЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕННЯ СИЛОВОЇ УСТАНОВКИ БПЛА-ПЕРЕХОПЛЮВАЧА ЛІТАКОВОГО ТИПУ

С.В. Журавльов; Б.В. Карпенко; О.І. Проценко

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

При дослідженні електродвигунів з KV у проміжку 800 – 1400 у поєднанні з повітряними гвинтами двохлопатевиими: 8×6", 10×6", 10×6", 12×6,5", 13×6,5", а також трьохлоптевим 8×6", розглядалися електродвигуни T-Motor AT2317 KV880, T-Motor V2814 KV1200, Emax ECO II 2807 1300KV. При виміру тяги силової установки БПЛА у різних комбінаціях повітряних гвинтів та електродвигунів було сконцентровано увагу на трьох параметрах – оберти електродвигуна n (%), силу споживаного струму I (А), тяга що розвивається гвинтом P (гр).

Дослідивши силові установки, ми бачимо, що тяга збільшується із збільшенням діаметру повітряного гвинта і найбільша тяга досягається на двохлопатевоу гвинті 13×6,5" – 2,39 кг, з T-Motor AT2317 KV880, споживаний струм при максимальному навантаженні досягає 26,6 А, цей же повітряний гвинт у комбінації з електродвигуном T-Motor AT2814 KV1200

видає тягу 3,015кг вже на обертах 80%, але споживаний струм сягає надкритичних значень 48А. Такий гвинт недоцільно встановлювати на швидкісні БпЛА, так як при збільшенні діаметра збільшується опір, відповідно зменшується максимальна швидкість польоту.

НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ ІННОВАЦІЙ РОЗВІДУВАЛЬНИХ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

С.М. Бачурін; В.В. Кольченко; В.І. Новак

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

Аналіз розвитку інноваційних рішень (технологій) в сучасних проєктах розвідувальних безпілотних літальних апаратів (далі – БпЛА) свідчить, що модернізуються існуючі платформи (“Spectator- M1”, “A1-СМ Фурія”, “Puma LE”, “Fly Eye”, “Bayraktar TB2”) і створюються нові технологічні рішення (БпЛА мультироторного типу (“Skydio X10D”, “Windhover” тощо); БпЛА літакового типу (“Bayraktar Mini UAV”, “RQ-20 Puma”, “АСУ-1 Валькірія”, “Mini Shark UAS”, “Mapa”, “PD-2”, “Лелека- 100”, “Shark” тощо) та гібридні (“Buntar-3”, “Mercury”, “Quantix Recon” тощо), які забезпечують підвищення спроможностей ЗС України.

Проведені дослідження в межах оперативних завдань, експертиз інноваційних проєктів, моніторингу відкритих джерел інформації; зібрані дані щодо розвідувальних БпЛА, зроблені порівняння основних зразків БпЛА, систематизовані результати досліджень. Визначені напрямки розвитку інновацій розвідувальних БпЛА, а саме:

- мультисенсорні платформи (оптичні та тепловізійні камери, акустичні сенсори, електронні та лазерні сенсори);
- розвиток потужних довготривалих джерел живлення (водневі паливні елементи – БпЛА “Spectator-M1” (Україна), сонячні панелі – “Zephyr S HAPS” (Велика Британія), гібридні

двигуни – БпЛА “PD-2” та “Defiant Hunter-4” (Україна), “Vector” та “Luna NG” (Німеччина);

- навігація (завадозахищені модулі супутникової навігації, інерціальні навігаційні модулі, технологія маякового способу навігації, технологія геолокації на основі стільникової мережі, оптична навігація);

- технології зниження радіолокаційної та акустичної помітності (радіопрозорі матеріали, аеродинамічні форми, профілі польоту, електродвигуни);

- технології щодо стійкості до впливу засобів радіоелектронної боротьби (захищені канали зв'язку та ППРЧ, автономні системи з ШІ-навігацією, альтернативні канали передачі даних (волоконно-оптичні лінії зв'язку, лазерні канали, супутниковий зв'язок тощо);

- технології машинного зору (навчання) та ШІ (автоматичне розпізнавання цілі – виявлення, ідентифікація, супровід техніки, позиції ворога; оптимізація маршрутів, автономне виконання завдань; аналіз об'ємних масивів даних);

- модульність конструкції та уніфікація структурних елементів (адаптація БпЛА під конкретні завдання; програмне забезпечення з відкритим кодом тощо);

- розроблення інноваційних БпЛА різного радіусу дії (окреме місце займають мікро-БпЛА типу “Black Hornet Nano” (США) – для спеціалізованих завдань розвідки);

- розвиток мережевих технологій (керування “роями” БпЛА, повноцінна автономія виконання завдань розвідки);

- інтеграція в різномірні екосистеми (розвідувально-ударні комплекси на базі БпЛА та БпНК, РЕБ, РТР тощо).

Таким чином, розвиток розвідувальних БпЛА ЗС України буде характеризуватися поєднанням технологій, спрямованих на підвищення стійкості до впливу засобів РЕБ, впровадження режимів автономності, модульних конструкцій, можливостей багатоспектральної розвідки, мережевих технологій.

**ФОРМУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ БЕЗПЕКИ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ
СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

С.В. Осієвський, к.т.н., доцент;

О.Ю. Несміян, к.т.н., доцент; Д.О. Землянський

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Активне застосування безпілотних авіаційних систем спровокувало формування нового концептуального напрямку в програмній інженерії, що пов'язаний із розробкою програмного забезпечення для збору та обробки сигналів з безпілотних літальних апаратів (БпЛА), з подальшим аналізом цих даних за допомогою методів машинного навчання. Тобто, створення ефективної системи, що здатна автоматично класифікувати та аналізувати як поведінку БпЛА для своєчасного виявлення та протидії, так і стан оточуючого середовища (оперативну обстановку в секторі відповідальності) для прийняття управлінських рішень ОПР (особою, що приймає рішення).

В той же час, застосування штучного інтелекту (ШІ) в безпілотних авіаційних системах породжує серйозні питання безпеки, що пов'язані з безперебійністю, безперервністю та моногамністю управління для критично важливих систем керування ШІ.

Помилкові або маніпулятивні рішення ухвалені системами ШІ, можуть впливати на ухвалені рішення ОПР та призвести до серйозних наслідків. Це робить безпеку системи ШІ, як компоненти безпіотної авіаційної системи, критично важливою та вимагає створення відповідальних профілів безпеки.

В основу формування профілів безпеки для вищезазначених систем пропонується покласти класичну тріаду критеріїв безпеки – конфіденційність, цілісність і доступність, наростивши її додатково критерієм цілісності моделей і даних.

НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ ІННОВАЦІЙ ТРАНСПОРТНИХ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

О.Г. Заруба, к.військ.н., доцент;

О.Л. Кручковський; Б.М. Тимофеев

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

Проаналізувавши джерела відкритої інформації та на основі проведених досліджень в межах оперативних завдань та експертиз інноваційних проєктів, зібрані дані щодо різних зразків транспортних безпілотних літальних апаратів (далі – БпЛА), виконані порівняння основних зразків БпЛА, систематизовані результати досліджень і вироблені висновки та пропозиції щодо подальшого їх розвитку.

Транспортні БпЛА забезпечують ритмічну і безпечну доставку вантажів у тактичній та оперативній глибині, знижуючи ризики для особового складу і скорочуючи логістичні шляхи.

В найближчі два-три роки сформується масштабована лінійка транспортних платформ від тактичних мультикоптерів до середніх та важких БпЛА з технологією вертикального зльоту/посадки (VTOL) та літакового типу, інтегрованих в розвідувально-ударні комплекси (далі – РУК) та автоматизовані системи управління військами (далі – АСУВ).

Основними напрямками розвитку інновацій транспортних БпЛА, вірогідно, будуть:

– повітряні платформи: тактичні мультикоптери (5-30 кг корисного навантаження), середні БпЛА з технологією VTOL (30-150 кг), важкі БпЛА дальньої дії (150-500+ кг; літакового типу / гібридні); розроблення інноваційних БпЛА різного радіусу дії та вантажопідйомності;

– силова установка БпЛА: гібридні ДВЗ / генератори, водневі паливні елементи для дальньої дії; швидкозмінні акумуляторні касети;

– мультисенсорні платформи (оптичні та тепловізійні камери, акустичні сенсори, електронні та лазерні сенсори, лідари);

- енергоефективні планери: оптимальні аеродинамічні форми та вага корпусів;

- модульні конструкції та уніфікація структурних елементів (адаптація БпЛА під конкретні завдання; програмне забезпечення з відкритим кодом тощо);

- навігація та зв'язок: візуально-інерціальна / оптична навігація; ППРЧ / mesh, резервні канали; криптозахист телеметрії та каналів керування;

- технології щодо стійкості до впливу засобів радіоелектронної боротьби (захищені канали зв'язку та ППРЧ, автономні системи з ШІ-навігацією, альтернативні канали передачі даних (волоконно-оптичні лінії зв'язку, лазерні канали, супутниковий зв'язок тощо);

- ШІ: планування маршруту з урахуванням впливу РЕБ та позицій засобів ППО, уникнення загроз, динамічний перерозподіл пріоритетів вантажів, контроль стану платформи, оптимізація маршрутів, автономне виконання завдань; аналіз об'ємних масивів даних;

- технології машинного зору (навчання): автоматичне розпізнавання об'єктів, автономне завершення завдань;

- вантажні системи: стандартні підвіски / контейнери / лебідки, дубльовані контури фіксації, датчики мас / балансу, інтеграція спецвантажів;

- наземна інфраструктура: мобільні точки запуску / прийому, автоматизовані станції заряджання / заміни батарей, польові склади з цифровим обліком;

- безпека польотів: геозони, коридори безпеки, аварійні сценарії, відмова від небезпечних маршрутів у реальному часі;

- розвиток мережевих технологій (керування “роями” БпЛА, повноцінна автономія виконання завдань розвідки);

- інтеграція в різномірні екосистеми (розвідувально-ударні комплекси на базі БпЛА та БпНК, РЕР, РТР тощо).

Таким чином, транспортні безпілотні платформи будуть мати захищені та резервовані канали зв'язку (ППРЧ, mesh тощо), стандартні інтерфейси вантажних відсіків, а також будуть

створені автоматизовані пункти запуску та прийому БпЛА. ШІ забезпечить виконання автономних маршрутів, уникнення перешкод, альтернативну навігацію та пріоритизацію доставок.

Транспортні БпЛА будуть доповнювати підсистеми розвідувальних БпЛА та ударних БпЛА, утворюючи з ними єдине мережево-центричне середовище забезпечення бою (підвезення БК, евакуація поранених, доставка засобів РЕБ та сенсорних модулів, ЗПІ, продукти харчування, акумуляторні батареї тощо).

THE USE OF UNMANNED AIRCRAFT SYSTEMS IN MODERN ARMED CONFLICTS AND WAYS OF THEIR DEVELOPMENT, TAKING INTO ACCOUNT THE EXPERIENCE OF WARFARE

*A.O. Savoteev; A.Y. Arshava; A.V. Khudokonenko
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The armed aggression of the Russian Federation (RF) reflected the effectiveness of the calculations of unmanned aerial vehicles (UAVs), which currently in small groups are able to inflict fire damage on personnel, weapons and military equipment of a larger unit. Every day, the enemy conducts an analysis of the actions taken (APD), changing the tactics of using BPLA and modernizing them.

In modern conditions, the use of a large number of UAV of various types and classes provides advantages during hostilities, the possibility of defeating the enemy on his territory. A number of the following problems also arise:

- establishing interaction between operators of UAVs or unmanned systems (UAVs) of various bases;
- setting up control and communication channels;
- preparation of control stations, their masking, etc.

The use of unmanned aerial systems (UAVs) solves the above-mentioned issues. The use of matrix UAV will allow simultaneous application of lesions in several places. Using Soft Defined Radio (SDR) technology, etc., the matrix drone can be used as a means of electronic intelligence. The use of small-sized portable computers in

combination with artificial intelligence will allow the use of impact drones as means of radio-electronic suppression.

Thus, the creation of a modern UAV adapted to the hostilities of the 21st century makes it possible to inflict damage at a great distance with the use of smaller resources.

PROPOSALS FOR THE USE OF LASER SYSTEMS TO COUNTER OPTICAL-ELECTRONIC SYSTEMS OF UAVS

S.M. Karatieiev; V.A. Zakharov; V.O. Lakhmanuk

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Military conflicts of the 21st century differ from previous ones in the significant dynamism of changes in the situation in combat areas, as well as the use of the latest weapons such as unmanned aerial vehicles (UAVs) for various purposes, which undoubtedly affects the nature and methods of armed combat. UAVs are used for reconnaissance, striking ground and sea targets, intercepting air targets, jamming radio signals, fire control and target designation, relaying messages and data, and delivering cargo. All of these tasks are characterized by significant asymmetry in terms of both attack and counterattack costs. Therefore, there is an urgent need to solve this problem.

Currently, radio-electronic and fire damage means are used to counter UAVs. However, these means may be undesirable in critical environments. Therefore, the problem of finding new methods to counter UAVs is relevant.

One way to solve this problem could be the use of laser technologies. Over the past decades, laser technologies have made significant progress. They are widely used in various fields, and their compact size and excellent angular divergence of the laser beam make them suitable for use in countering UAV optoelectronic systems.

Studies have confirmed the effect of laser radiation on optical device detectors, and increasing the laser power leads to image glare.

Thus, the effect of laser glare on images, especially its impact on the effectiveness of detection and countering optical devices, is of practical importance.

ОСОБЛИВОСТІ ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ В УМОВАХ СУЧАСНИХ БОЙОВИХ ДІЙ

О.В. Кушніренко; О.О. Акимов; к.т.н.; С.В. Аргунов

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

Безпілотні літальні апарати (БПЛА) які призначені для вирішення широкого кола завдань на землі в повітрі та на воді є новим перспективним видом озброєння, що перебуває в постійному стрімкому розвитку. Надійність безпілотних літальних апаратів БПЛА є характеристикою, що визначає рівень їх ефективності та боєздатності. До БПЛА висуваються наступні вимоги з надійності:

1) імовірність безвідмовної роботи при виконанні типової бойової задачі; 2) імовірність безвідмовної роботи технічних засобів забезпечення пуску та управління ними в польоті за один цикл бойової роботи; 3) імовірність приземлення без пошкоджень, які приводять до збільшення нормативного часу підготовки до повторного застосування; 4) імовірність відсутності в польоті відмов, які приводять до незворотних втрат. В умовах сучасних бойових дій до БПЛА висуваються додаткові вимоги, які спрямовані на забезпечення стійкості до електронних загроз, взаємодію з безпілотними платформами.

При оцінці надійності БПЛА в умовах додаткового зовнішнього впливу зважаючи на недостатність часу на випробування слід використовувати розрахунково-експериментальні методи, моделювання деградаційних процесів та інші. Врахування чинників, що додатково впливають на БПЛА, дозволить визначити їх реальну надійність та створити умови для підвищення бойової ефективності.

ANALYSIS OF THE USE OF UNMANNED AERIAL SYSTEMS UNDER CONDITIONS OF ACTIVE ELECTRONIC COUNTERMEASURES

D.O. Sokolova; V.O. Kudriashova

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

In modern warfare, unmanned aerial systems have become a key tool in carrying out reconnaissance, strike, and special combat missions. The main direction of their effective use lies in the development of adaptive tactical methods capable of ensuring mission accomplishment under conditions of active electronic countermeasures by the enemy.

Undoubtedly, among the most well-known tactical approaches are combined operations involving UAS of various types – strike and reconnaissance – operating within a unified information network. Modern technologies of centralized control and automated data exchange significantly enhance system reliability and reduce time delays between target detection and engagement.

A promising area of development is the improvement of algorithms for dynamic route adjustment, based on real-time intelligence data. This enables faster mission execution while minimizing losses. Thus, the advancement of tactical methods for UAS employment becomes one of the decisive factors for achieving superiority in the air domain.

ANALYSIS OF INTERFERENCE RESISTANCE OF CONTROL SYSTEMS FOR CLASS 1 UAVS

D.O. Yatskiv; A.O. Sivov

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Modern Class 1 unmanned aerial vehicles (UAVs), which operate in complex conditions of electronic warfare, raise a number of issues related to the interference resistance of control transmission systems. The reliability of data exchange determines the effectiveness of control, the accuracy of navigation, and the stability of communication channels under active jamming.

Enhancing interference resistance is achieved through a combined application of coding methods, adaptive filtering, and optimization of the communication channel structure.

This paper presents a mathematical model of adaptive signal filtering and investigates the influence of noise on the probability of data transmission errors as well as its stability during UAV operation.

The obtained results confirm an increase in the resistance of UAV avionics systems to radio interference through the use of adaptive filtering, which improves signal extraction quality by 25–40%. The proposed approach ensures stable UAV operation under conditions of intensive noise.

PROPOSALS FOR IMPROVING THE RESILIENCE OF THE UAV CONTROL CHANNEL WHEN USING RADIO- ELECTRONIC WARFARE MEANS

S.M. Karatieiev; S.O. Dukh

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The problem with using Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) in the context of Russian aggression in Ukraine lies in the complexity of adapting tactical techniques to a dynamic combat situation, the increased impact of powerful enemy electronic warfare (EW) capabilities, and the imperfection of engineering and aviation support. The vulnerability of control channels at frequencies of 2.4 GHz and 5.8 GHz, the low resistance of equipment to impulse interference, and insufficient coordination with artillery and reconnaissance units result in losses of up to 60–75% of drones in the areas of operation of the Krasukha-4 and Zhitel electronic warfare systems. The lack of unified standards for crew training limits the speed of response to adaptive jamming with frequency tuning or GNSS spoofing.

Methodological justification is based on a systems analysis of the modern combat environment, which includes the variability of tactical conditions (target movement speed, changes in terrain, and weather dynamics), the complexity of the electronic warfare environment (multi-layered interference and the combination of jamming,

spoofing, and interception), and the transformation of combat operations (the shift to network-centric warfare and the integration of UAVs into a unified command-and-control system). This approach allows for accounting of the interrelationships among technical, operational, and human factors that significantly affect the effectiveness of UAV employment.

The objective of the study is to develop a comprehensive approach to improving the combat employment of UAVs through three interconnected areas: optimization of tactical techniques (flexible routes, swarm operations, hybrid control); enhancement of engineering and aviation support reliability (modular protection systems, autonomous navigation); and implementation of operator training standards (in accordance with STANAG 4586, 4703, 7085). This will increase UAV control effectiveness by 70–80%, resilience to electronic interference, and overall combat readiness of units.

From the perspective of an electronic warfare engineer, the solution to the problem is the introduction of modular active and passive protection systems for UAVs, which provide multi-level protection for control and data transmission channels. This includes: frequency hopping spread spectrum (FHSS) at speeds of up to 1000 hops/s in the S, C, and Ku bands using FHSS-OFDM and quasi-orthogonal sequences, which complicates the detection and suppression of signals; Adaptive SDR (Software-Defined Radio)-based protection algorithms with automatic spectrum analysis and real-time exclusion of noisy channels; Robust cryptographic protocols and multi-channel communication; hybrid autonomous navigation with drift correction based on a digital terrain model and AI guidance, providing immunity to GPS spoofing.

The engineering approach involves integrating electronic warfare systems into the UAV design (built-in SDR modules), ensuring the ability to quickly update software (OTA update), and improving the hardware base to minimize vulnerabilities (e.g., antennas with adaptive directional patterns). This will ensure the continuity of flight operations in conditions of intense electronic warfare, significantly increasing the combat readiness and tactical potential of units.

PROPOSALS FOR CREATING AN AIR TARGET SIMULATOR ON UAVS

S.M. Karatieiev; M.S. Semenov; A.V. Dolya

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Combat experience has shown that in order to detect and identify air targets, the enemy uses complex information processing methods that involve the use of several sources of information: optical (visible), infrared, and radar ranges. The capabilities for resolution and accuracy in positioning air targets have also increased.

As a result, there is a need to develop an air target simulator capable of simulating targets with specified effective radar cross sections (RCS) and Doppler velocities.

In this regard, the requirements for the construction of an air target simulator were analyzed, such as: ensuring the required RCS value, simulating targets for radar systems with any polarization, and the ability to form a Doppler frequency grid.

To solve this problem, as well as to improve the effective simulation of air targets, we propose the use of a reflector based on a retro-directive antenna array, the essence of which is to re-radiate the radar signal in the opposite direction, i.e., toward the radiation source. To achieve the desired effect, the re-emitted signal must be phase-conjugate to the signal it receives from the radar.

The simplest way to solve this problem is to use a Van-Atta antenna array with modulation of the reflected electromagnetic field. Structurally, the Van-Atta antenna array consists of a large number of similar pairs connected by waveguides or feeder lines of equal electrical length. As a result, the antenna array has a self-focusing property, which means that when a plane electromagnetic wave (EMW) strikes it, the antenna array forms a wave with a high directional coefficient in the direction of the radiation source.

To simulate the specified EPR value in the retransmitter, it is proposed to use regenerative coherent amplifiers based on active elements operating in nonlinear parametric modes.

Thus, the proposed method makes it possible to amplify and radiate received oscillations in the direction of the radar in a short time (within half a wavelength), and changing the gain coefficient of the amplifiers will make it possible to simulate targets with specified RCS values.

PREDICTIVE MAINTENANCE OF UAVS A MODERN APPROACH TO ADDRESS THE CHALLENGES OF MODERN WARFARE

*O.A. Khizhnyuk; Y.S. Kolotukhina; D.A. Nikolaiets
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Relevance of the problem. The intensive use of Unmanned Aerial Systems (UAS) in the context of the armed conflict in Ukraine has demonstrated the inefficiency of classical maintenance systems based on fixed schedules. High loss rates, intense usage, and the rapidly changing nature of combat operations lead to crisis-level exploitation of equipment, necessitating a shift to proactive methods of maintaining combat readiness. Predictive maintenance, based on the analysis of actual equipment condition data, is the response to these challenges.

The purpose of this work is to develop a conceptual model of a predictive maintenance system for UAVs, adapted to the conditions of a rapidly changing operational environment. To achieve this goal, the following tasks were addressed: analysis of key parameters indicating the degradation of UAV systems; development of an architecture for collecting and analyzing telemetry data; formulation of algorithms for predicting the remaining useful life of critical components.

An integrated predictive maintenance model is proposed, combining the analysis of real flight telemetry (structural loads, powerplant parameters, sensor performance) with post-flight inspection data and repair history. Unlike existing approaches, the model includes a mechanism for adapting predictive models based on operational results in different environments (urban areas, wooded terrain, the frontline zone).

Expected practical results:

- Architecture of a hardware-software complex, including an onboard data acquisition module, a ground station for data analysis, and an intelligent decision support system for technical personnel.

- A set of predictive models for critical components: electric motors/internal combustion engines (vibration trend, temperature), batteries (depth of discharge, internal resistance), autopilots (error count) based on machine learning methods.

- Economic justification, demonstrating a 20-30% reduction in repair and spare parts costs and a 15-25% increase in the operational availability rate of the UAV fleet compared to scheduled maintenance systems.

The implementation of the proposed predictive maintenance system will enable a transition from reactive failure repair to proactive management of the technical condition of the UAV fleet. This will reduce unscheduled downtime, optimize spare parts logistics, and increase the overall effectiveness of unmanned systems in the defense of Ukraine. Further research is planned towards developing standardized interfaces for integrating predictive analysis systems from different UAV manufacturers.

UAV CONTROL SYSTEM WITHOUT GPS IN-TERACTION BASED ON AN INERTIAL NAVIGATION SYSTEM USING LASER GYROSCOPES AND TERRAIN MAPS

*O.A. Khizhnyuk; Y.S. Kolotukhina; D.A. Nikolaiets
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Relevance of the problem. The intensive use of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) in civilian and defence sectors significantly depends on Global Positioning Systems (GPS). However, in conditions of active electronic warfare, GPS signals are vulnerable to jamming and spoofing, leading to a loss of UAV navigational capability. This underscores the critical need for developing autonomous navigation systems that are independent of external radio signals.

The purpose of this work is to develop the architecture and operational algorithms for a UAV control system that ensures

autonomous navigation in the complete absence of GPS signals. To achieve this goal, the following tasks were addressed: analysis of autonomous navigation methods; development of a system structural scheme based on a precision Inertial Navigation System (INS) with laser gyroscopes; synthesis of an algorithm for correcting accumulated INS error by correlating data from a radio altimeter with a reference Digital Elevation Model (DEM).

Scientific novelty. An optimized algorithm for correcting the accumulated error of the INS is proposed, combining the accuracy of Fiber-Optic Gyroscopes (FOG) with the principle of correlation-extremal navigation based on terrain relief. The algorithm is adapted for computational platforms with limited resources, typical for medium and small UAVs.

The main result of the work is a comprehensive simulation model of the system, implemented in the MATLAB/Simulink environment. The model allows for assessing positioning accuracy and tracking the dynamics of error accumulation. Based on it, a prototype software for the onboard correction module, optimized, has been developed. The obtained results allow for formulating specific recommendations regarding the selection of hardware (FOG, radio altimeter) and parameters of digital terrain maps necessary for the effective implementation of the system.

Experimental calculations confirm that the proposed approach allows maintaining UAV positioning accuracy within 50-100 meters during prolonged autonomous flight in the absence of GPS. This makes the system promising for integration into modern civilian and special-purpose unmanned systems to enhance their resilience and autonomy.

TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF RECONNAISSANCE-STRIKE UAVS

A.O. Soldatenko; S.O. Dehtiarenko

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

In modern combat environments, unmanned aerial vehicles (UAVs) play a critical role in providing information superiority,

delivering precision strikes, and enhancing the mobility of maneuver units. Effective UAV employment relies on the integration of three key functions: real-time reconnaissance, fire-adjustment support, and direct engagement of targets.

Tactical techniques include low-observable flight routing and minimization of electromagnetic signature, the use of network-centric control modes enabling rapid data exchange between reconnaissance, artillery, and assault elements, as well as coordinated “ring-type” combined attacks using multiple UAV classes (ISR platforms + strike modules). Particular attention is given to synchronized operations with Electronic Warfare (EW) units to reduce the risk of UAV loss.

Additional tactical applications include deep-area search-and-strike missions against high-value targets, real-time artillery fire correction, and support of mechanized wheeled columns by providing continuous combat reconnaissance during offensive operations.

Thus, to increase UAV survivability, the implementation of mobile maneuver control posts, equipment rotation, communication-channel fragmentation, and the use of low-observable platforms is recommended.

ANALYSIS OF WAYS TO IMPROVE THE CONFIDENTIALITY OF DATA TRANSMISSION IN UAVS

*M.M. Boiko; K.I. Yakymchuk; A.A. Andrus
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The current experience of combat operations in the Russian-Ukrainian war unequivocally proves the decisive role of unmanned aerial vehicles (UAVs) in modern conflicts and requires constant improvement of their systems. The success of reconnaissance and combat missions directly depends on the secrecy and protection of information transmitted between the onboard complex and the ground control station. The main threat that significantly affects the outcome of a combat mission is the vulnerability of data transmission confidentiality to electronic warfare and cyberattacks. Active creation of deliberate interference reduces the signal-to-noise ratio, leading to

a loss of data confidentiality and the risk of UAV control being hijacked.

Analysis of ways to improve data transmission confidentiality focuses on the integrated application of coding, spatial, and spectral technologies to ensure protection against unauthorized access. Promising areas of data transmission security include: the use of cryptographic protocols to ensure secrecy; the introduction of broadband signals (DSSS/FHSS), as well as the use of adaptive antenna systems to neutralize the effects of directional interference.

Therefore, improving the security of UAV communication channels is a prerequisite for their survivability. This is achieved by complicating the hardware/software and increasing energy consumption to ensure secure data exchange and maintain full control for effective operation in conditions of radio-electronic countermeasures.

STUDY OF WAYS TO IMPROVE DETECTION OF GPS-SPOOFING ATTACKS ON UAVS

*M.R. Semko; A.S. Kozlova; T.A. Kryva; M.V. Melnyk
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Modern unmanned aerial vehicles (UAVs) play an important role in conducting reconnaissance, adjustment, and strike missions in combat zones. Their navigation systems are mostly based on global satellite navigation signals, primarily GPS. This makes UAVs vulnerable to deliberate interference by electronic warfare means. One of the most dangerous methods is GPS spoofing - the substitution of genuine satellite signals with counterfeit ones that have precise timing and phase synchronization. As a result, the vehicle may receive false coordinates, lose spatial orientation, or even go out of the operator's control. Combat experience confirms that this threat is real and systemic, and standard GPS receivers are not always able to detect spoofing.

Increasing the resilience of UAVs to such attacks is possible through a combination of several complementary approaches. It is

important to analyze signals simultaneously on multiple frequencies and compare them across different information sources. Monitoring physical characteristics of the navigation signal - such as signal-to-noise ratio, stability of the phase structure, and consistency of time-of-arrival - allows detection of artificial and incorrect parameters. An important element is also analysis of the aircraft's own behavior: unnatural changes in trajectory, jumps in coordinates, sudden fluctuations in speed or altitude may indicate intentional navigation substitution. Combining GPS with an inertial navigation system, barometric sensors, and visual odometry provides additional means to verify the authenticity of determined coordinates.

Using a comprehensive approach to detecting GPS spoofing enables timely identification of the threat and switching the UAV to a protected operating mode, preserving control of the vehicle and the accuracy of mission execution. This will increase the reliability of UAV combat employment, reduce the risk of their loss, and ensure stability of navigation information even under severe hostile electronic influence.

RESEARCH OF UAV CONTROL AND NAVIGATION SYSTEM IN CONDITIONS OF RESISTANCE TO ARMED AGRESSION

*I.O. Samus, D.O. Abramov, V.V. Lantukh
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Satellite navigation for unmanned aerial vehicles (UAVs) is based on the operation of global navigation satellite systems (GNSS). These systems consist of groups of satellites that move around the Earth and continuously broadcast signals with data about their exact time and coordinates. The receiver on board the UAV determines how long it took for the signal to reach it, and thus calculates the distance to each satellite. To establish a correct location, at least four satellites are usually required: three of them provide latitude, longitude and altitude, and the fourth is used to eliminate time errors of the receiver.

The accuracy of navigation depends on the number of satellites in the field of view and the stability of the signal: the best conditions are open terrain with minimal obstacles, while dense buildings or forest areas can cause signal reflections and reduce accuracy.

GNSS-based navigation systems provide high accuracy in determining coordinates, but their key weakness is the lack of autonomy. They are completely dependent on an external satellite signal, which can be muffled, suppressed or distorted. This makes such systems vulnerable to intentional radio-electronic interference, local noise, as well as natural factors that reduce the stability of reception.

In contrast, visual odometry is a modern and promising navigation method that allows a drone to navigate in space by analyzing images from cameras and tracking its own movement relative to the environment. The main advantage of this approach is complete autonomy: navigation does not depend on satellite signals and can work even in difficult conditions where GNSS is unavailable or blocked. In addition, visual odometry is able to provide high accuracy, especially when using stereo cameras or in combination with inertial sensors.

However, the implementation of such a method requires significant computational resources, since the system must process large amounts of video data and execute complex algorithms in real time. That is why the integration of visual odometry into compact drones is still a technically challenging task, although it has great potential for further development and improvement.

ANALYSIS OF APPROACHES TO INCREASING THE DETECTION RANGE OF AERIAL TARGETS IN THE OPTICAL INFRARED BAND

Y.Y. Kazakov; O.D. Polishchuk

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The problem of increasing the detection range of aerial targets in the optical infrared (IR) band has become particularly relevant due to

the growing number of low-observable aircraft and the widespread use of UAVs. Modern combat platforms seek to minimize their visibility across all spectral ranges, which drives increased interest in passive infrared search and track (IRST) systems. However, a significant portion of existing electro-optical stations remains outdated and cannot provide the required detection range under conditions of low target contrast and variable atmospheric transparency.

The main development directions focus on improving the sensor base through the use of more sensitive IR detectors, implementing long-focal-length optical systems with narrow fields of view, and applying multispectral approaches that combine NIR, MWIR, and LWIR ranges. Modern image-processing methods and machine-learning algorithms demonstrate substantial potential, as they enhance contrast, reduce noise, and enable automated recognition and tracking of small-sized objects. Additional capabilities are provided by spectral and polarimetric analysis, as well as multisensor integration of IR channels with visible, radar, and acoustic domains.

Future research prospects include adaptive algorithms, real-time consideration of atmospheric conditions, and the development of integrated systems aimed at improving the reliability and detection range of aerial targets.

USE OF THE ACOUSTIC METHOD TO IMPROVE THE EFFECTIVENESS OF DETECTING ENEMY UAVS

V.V. Zhuk; A.V. Vedernikova; A.I. Politova

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

In today's world, unmanned aerial vehicles (UAVs) play an important key role in the Russian-Ukrainian war. Their effective operation depends on the use of high-precision and reliable systems.

One method that can be used to detect enemy air targets is the acoustic method. This method of detecting UAVs is quite effective and less expensive to implement than others. The energy of acoustic signals can be distributed across the entire acoustic frequency range, so when using acoustic grids, it is advisable to use broadband signal

processing in enemy drone detection stations. A correlation receiver can also be used to improve the effectiveness of detecting signals from enemy targets.

To ensure for better detection of enemy drones, it is advisable to place acoustic systems on several UAVs. The onboard system processes signals in real time and sends information to the ground control station via a data transmission channel. The data is received by the ground station operator to make a decision on the destruction of enemy air targets. This implementation will help to reveal a large airspace, ensure rapid detection and quick change of direction of signal reception from air targets by acoustic systems due to the mobility of UAVs.

Thus, the use of acoustic systems on the UAV platform may prove to be a decisive step in increasing the effectiveness of their application, which in turn will lead to air superiority.

SYNERGY OF UNMANNED AERIAL VEHICLES AND GROUND ROBOTIC SYSTEMS IN THE CONDITIONS OF MODERN ARMED CONFLICTS: ANALYSIS AND PROSPECTS

O.A. Khizhnyuk; I.A. Pasichniuk

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

The relevance of the study is determined by the massive use of unmanned technologies in the form of ground robotic systems (GRS), unmanned aerial vehicles (UAVs) and unmanned aerial systems (UAS) in the armed resistance to the aggressor's invasion. The individual successes achieved by UAVs and GRS so far remain only fragments of a potential that can be fully realized solely through their integrated application.

The purpose of the study is to assess the completeness of the synergistic effect of the combined use of UAVs and GRS, to analyse practically implemented scenarios of their interaction, and to identify key challenges and prospects for the development of this technological concept.

Main findings.

1. Formed synergy – based on real examples from the contemporary armed conflict and drawing on combat experience in the format of “FPV drones integrated with ground robots”, it has been proven that the combination of “UAVs (as optical sensors)” + “GRS (in the role of manipulators)” is capable of creating a new qualitative level of combat effectiveness, significantly reducing the time of the “target detection – target engagement” cycle.

2. Operational advantage provided by system integration ensures a sharp reduction in personnel losses when performing the most dangerous tasks (assault, reconnaissance, evacuation) and demonstrates high cost-effectiveness by neutralising expensive enemy equipment with inexpensive unmanned systems.

3. Key challenge and problem area – it has been established that the main vulnerability of the concept is its dependence on the quality and reliability of communication channels, which makes it critically sensitive to the influence of electronic warfare (EW) assets. This requires the development of alternative comprehensive solutions for implementing a full-fledged control and data-exchange system.

4. Identified prospects – the primary vectors of development should be considered:

a) intellectualisation based on the introduction of artificial intelligence components to compensate for the effects of enemy electronic warfare systems;

b) development of swarm solutions in the format of unmanned vehicle control systems;

c) creation of a unified information environment for all platforms.

Conclusion.

The concept of joint use of UAVs and GRS has evolved from a tactical know-how into a mandatory component of a successful combat operation. Undoubtedly, further evolution will be determined by the ability to operate autonomously under intense electronic warfare influence, which will make artificial intelligence and machine-learning technologies the primary arena for gaining tactical and operational superiority in armed confrontations.

USE OF LOCAL NAVIGATION SYSTEMS TO ENSURE UAV RESILIENCE UNDER ELECTRONIC WARFARE CONDITIONS

Z. Tsotock; D. Halytsyi

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

In modern combat operations, the extensive employment of electronic warfare (EW) systems significantly complicates the use of satellite-based navigation. This often results in the loss of UAV control and increases the likelihood of mission failure. One of the most promising approaches to mitigating this issue is the implementation of local navigation systems based on ground radio beacons, which provide stable positioning for UAVs in environments with intensive radio-frequency interference.

A local navigation system consists of several low-power radio beacons deployed within the operational area. These beacons transmit synchronized signals in predefined frequency bands, while onboard UAV modules determine their coordinates using time-difference-of-arrival (TDoA) or phase-shift measurement methods. This enables positioning accuracy in the range of 0.1–2 meters, which is sufficient for precise guidance of strike and reconnaissance UAVs. Due to their autonomy and minimal transmission power, such systems significantly enhance UAV survivability in areas where satellite signals are fully suppressed by EW assets.

Contemporary ground-based radionavigation methods were analyzed, and modeling of local navigation networks under realistic jamming conditions was conducted. Navigation systems employing ground radio beacons ensure stable UAV positioning in contested electromagnetic environments, allow mission execution without GPS, and increase overall operational effectiveness. Their implementation is a key step toward improving UAV resilience to EW and shaping modern tactics for their combat employment.

**ANALYSIS OF APPROACHES TO IMPROVING THE
CHARACTERISTICS OF COMMUNICATION LINES WITH
CLASS 3 UNMANNED AERIAL VEHICLES**

*V.I. Sukhy; R.V. Skoropadsky; M.D. Dysyuk
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

In today's world, unmanned aerial vehicles (UAVs) have become a key component in various fields, including defence, reconnaissance, monitoring and logistics. Among the various types of UAVs, Class 3 aircraft (also known as medium-altitude, long-endurance UAVs, or MALE) occupy a special place due to their ability to perform long-term tasks over significant distances. The effectiveness of any type of UAV critically depends on the reliability and quality of its communication channels. For Class 3 UAVs, this issue is most acute because they operate over long distances, often in conditions of radio interference and limited channel bandwidth, which is necessary for transmitting large amounts of intelligence information, in particular high-resolution video. The problem of ensuring stable, secure and effective communication is the subject of intensive research, which explains the relevance of this work.

Numerous works by domestic and foreign scientists are devoted to the issue of building communication channels for UAVs. The fundamental principles of radio communication and signal processing are discussed in the works. Issues related to wireless network architecture, including UAV networks, are covered in detail. Research published in leading scientific journals is devoted to the specifics of communications for Class 3 UAVs. However, the rapid development of technologies, the emergence of new threats and quality of service (QoS) requirements necessitate constant updating and synthesis of knowledge in this field, particularly with regard to the integration of various communication technologies.

The practical value lies in the fact that the results obtained and the models developed can be used in the design and modernisation of communication systems for promising domestic Class 3 UAVs to increase their combat effectiveness and survivability.

There are several UAV classification systems. One of the most common, particularly in the defence sector, is classification by class, which takes into account weight, flight range, flight duration and

altitude. Class 3 UAVs (or MALE – Medium Altitude, Long Endurance)

This class includes such well-known UAVs as the American MQ-9 Reaper, the Israeli Heron, the Turkish Bayraktar TB2 (its characteristics are on the border between the 2nd and 3rd classes) and others. Their main purpose is to conduct strategic reconnaissance, surveillance and communication relay over a large area.

Line-of-Sight (LOS) is the main type of communication that provides direct radio vision between the UAV antenna and the ground control station (GCS) antenna.

For operation at long distances exceeding the radio horizon, relay channels (Beyond Line-of-Sight – BLOS) are used. The use of a satellite channel is the most effective way to provide global communication with a Class 3 UAV. For satellite operation, the UAV is equipped with a SATCOM terminal, which includes a high-directivity tracking antenna.

In addition to traditional encryption, the use of steganography methods is promising for improving the security of UAV communication channels. Unlike cryptography, which makes messages unreadable, steganography hides the very fact that a message exists. In the context of UAVs, this can be achieved by hiding control commands or small fragments of intelligence data in legitimate traffic, such as streaming video.

Therefore, a fundamental ratio is used to assess communication quality: the signal-to-noise ratio (SNR). The bandwidth of an ideal communication channel is determined by the Shannon-Hartley formula.

However, in practice, the channel is affected not only by thermal noise, but also by various types of interference. It is proposed to expand the model by introducing the concept of effective SNR (SNR_eff), which takes into account interference. Thus, to ensure high bandwidth in the data transmission channel, it is proposed to expand the passband and increase the signal-to-noise ratio.

НАПРЯМ №3
ФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ ПІДГОТОВКИ ЕКІПАЖІВ
БпАК З УРАХУВАННЯМ СТАНДАРТІВ НАТО

ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ПІДГОТОВКИ
КОМАНДИРІВ ПІДРОЗДІЛІВ БпАК, ОСНАЩЕНИХ БпЛА-
ПЕРЕХОПЛЮВАЧАМИ ПОВІТРЯНИХ ЦІЛЕЙ З
УРАХУВАННЯМ ДОСВІДУ БОЙОВИХ ДІЙ

В.М. Кривонос¹, к.т.н.; Г.М. Тимчук²

*¹Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба;*

²Командування Повітряних Сил Збройних Сил України

Сучасні бойові дії засвідчили різке зростання ролі безпілотних авіаційних комплексів, особливо підрозділів, що застосовують БпЛА-перехоплювачі повітряних цілей. Ефективність цих підрозділів значною мірою залежить від висококваліфікованих командирів, здатних діяти швидко, працювати в умовах інтенсивного застосування засобів РЕБ, правильно оцінювати повітряну обстановку та забезпечувати взаємодію з іншими підрозділами сил оборони. Бойові дії продемонстрували як потенціал таких підрозділів, так і низку проблем у підготовці їх керівників. Тому є актуальним розроблення комплексного підходу підготовки командирів з урахуванням реального бойового досвіду та нових викликів. Комплексний підхід повинен включати теоретичну, тренажну, практичну підготовку, порядок взаємодії та аналіз бойового досвіду. Теоретичний етап формує основу для розуміння можливостей підрозділу та техніки, створює фундамент, але реальна ефективність досягається через практику, яка є досить важливою, оскільки саме вона формує здатність діяти у реальній бойовій ситуації.

Такий підхід забезпечує всебічний розвиток командира – від розуміння техніки до вміння керувати людьми та приймати рішення в стресових умовах, що в свою чергу дозволяє значно

підвищити ефективність підрозділів і якість застосування БПЛА-перехоплювачів у сучасних бойових діях.

**ПРАВОВІ ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ
ПІДГОТОВКИ ЕКІПАЖІВ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ
КОМПЛЕКСІВ В УКРАЇНІ З УРАХУВАННЯМ
СТАНДАРТІВ НАТО**

М.М. Іващенко

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Питання формування системи підготовки екіпажів безпілотних авіаційних комплексів (БпАК) в Україні сьогодні має не лише технічний, а й вагомий правовий зміст. Застосування БпАК потребує чіткої регламентації дій операторів, дотримання норм міжнародного гуманітарного права, забезпечення безпеки польотів та захисту прав людини.

У контексті інтеграції України до євроатлантичного простору ключового значення набуває адаптація національного законодавства до стандартів НАТО. Зокрема, нормативні документи Альянсу (STANAG 4670, STANAG 4586, AJP-3.3.7) визначають вимоги до кваліфікації екіпажів, етичних стандартів, управління ризиками та відповідальності за дії під час виконання місій.

Формування системи підготовки екіпажів БпАК в Україні має спиратися на поєднання вітчизняного авіаційного та міжнародного права, принципів верховенства права, гуманізму, професійної відповідальності та правової культури персоналу. Таке поєднання створює правове підґрунтя для сертифікації операторів, розроблення навчальних програм і нормативного контролю за використанням безпілотних технологій у військовій та цивільній сферах.

Отже, правові засади формування системи підготовки екіпажів БпАК із урахуванням стандартів НАТО полягають у забезпеченні взаємо сумісності, правової узгодженості та

відповідності міжнародним нормам. Це сприяє зміцненню обороноздатності України, розвитку правової держави та підвищенню ролі права у сфері сучасних технологій безпеки.

**ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ПОЛЬОТУ БЕЗПІЛОТНИХ
ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ВИНИЩУВАЧІВ
(ПЕРЕХОПЛЮВАЧІВ) ДЛЯ ТРЕНУВАННЯ ОПЕРАТОРІВ
(ШТУРМАНІВ) НАВЕДЕННЯ**

О.С. Балабуха, к.т.н.; Г.М. Качуровський, к.т.н.;

М.О. Максимов

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Актуальність розробки імітаційної моделі обумовлена широким застосуванням БпЛА винищувачів (перехоплювачів) та, як слід потребою у підготовці кваліфікованих операторів (штурманів) наведення. Мета роботи полягає у підвищенні якості підготовки операторів та штурманів наведення через впровадження адаптивної імітаційної моделі. Завдання, що вирішуються в роботі: розробка імітатора, визначення критеріїв ефективності навчання, аналіз результатів застосування. Огляд існуючих аналогів показує обмеженість наявних рішень у відтворенні специфіки роботи з БпЛА винищувачами (перехоплювачами).

Імітаційна модель дозволяє проводити генерацію різних типів повітряних цілей (класифікованих за розмірами, швидкістю, маневреністю та ефективною площею розсіювання в радіолокаційному діапазоні), моделювання одночасної роботи оператора (штурмана) наведення з множинними цілями для відпрацювання навичок в процесі виконання типових завдань.

Сценарії перехоплення деталізовано для різних тактичних ситуацій: наведення в упереджену точку зустрічі з заданими параметрами (швидкість цілі, курс, висота), метод “навздогін” з різними кутами заходу, наведення в передню напівсферу (лобова атака під кутами 0-90°), наведення в задню напівсферу (атака

ззаду під кутами 90-180°), перехоплення цілей, що маневрують і груп цілей, а також робота в умовах радіоелектронної протидії.

**ВПЛИВ ЯКОСТІ ІНЖЕНЕРНО-АВІАЦІЙНОГО
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА НАДІЙНОСТІ БпАК НА РІВЕНЬ
ДОВІРИ, БОЙОВИЙ СТРЕС ТА ПОМИЛКИ ЕКІПАЖІВ:
ПСИХОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ
БЕЗПЕКИ**

Л.Д. Величко, к.ф.-м.н., доцент;

М.І. Сорокатиий, к.ф.-м.н., доцент;

О.В. Білаш, к.е.н., доцент

*Національна академія сухопутних військ
ім. гетьмана Петра Сагайдачного*

Ефективність застосування БпАК залежить від надійності техніки та якості інженерно-авіаційного забезпечення (ІАЗ). Низька якість обслуговування є потужним внутрішнім стресором. Мета – проаналізувати психологічний вплив технічного фактору та якості ІАЗ на рівень довіри операторів та їхню схильність до помилок.

Критичним показником є довіра до системи. Часті технічні інциденти значно знижують її, змушуючи оператора до надмірного контролю, що підвищує когнітивне навантаження та рівень специфічного стресу через ризик втрати обладнання. Такий стрес може спричиняти операційні помилки. Додатковим аспектом є вплив людського фактору в ІАЗ: втома та підготовка техперсоналу корелюють з якістю обслуговування та психологічним комфортом екіпажів.

Якість ІАЗ є ключовим психологічним чинником бойової ефективності. Підвищення надійності зменшує внутрішній стрес. Пріоритетні завдання: запровадити протоколи оцінки рівня довіри операторів після значних технічних інцидентів; розробити програми психоедукації для техперсоналу щодо впливу їхньої роботи на бойовий стрес екіпажів; та вдосконалити культуру безпеки, заохочуючи відкрите звітування про технічні збої.

**АСИМЕТРИЧНІ РОЙОВІ АТАКИ ТА ДРОНОВІ ДЕКОЇ:
МОДЕЛЮВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО
ПЕРЕВАНТАЖЕННЯ ЕКІПАЖІВ ВЕРТОЛЬОТІВ**

А.О. Красноруцький, к.т.н., с.н.с.; О.С. Охотенко;

Д.О. Михайличенко

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. І. Кожедуба*

Під час виявлення екіпажом вертольоту потенційної загрози кінетичного обману з боку противника, а також прогнозування її розвитку що створює хибні цілі пропонується модель симуляції загрози ймовірності зниження ефективності виконання польотного завдання екіпажом вертольоту по знищенню потенційно небезпечних БпЛА.

Ґрунтується така модель на розробці блоків виділення безпосередніх загроз. Тобто перший блок моделює ситуації застосування противником хибних цілей (Decoys). Тут йдеться про прогнозування ефективних дій з боку екіпажу вертольоту щодо реагування на політ малорозмірних літальних апаратів або спеціальних пристроїв, що імітують ефективну відбиваючу поверхню потенційно небезпечних БпЛА, або пілотованих літальних апаратів. Останні можуть мати запрограмовану траєкторію, що імітує бойовий маневр.

Другий блок моделює ситуації імітації зграї БпЛА. Створюється моделювання масованого нальоту, який складається з великої кількості малих об'єктів, технології "рою" (Swarm), керованого штучним інтелектом. Тут йдеться про прогнозування взаємодії екіпажу вертольоту та ефективних дій оператора щодо реагування на масивність нальоту що перевищує пропускну спроможність системи ППО.

Така модель передбачає виявляти безпосередні загрози кінетичного обману та їх класифікацію.

Надана спрощена математична модель розвитку потенційної загрози застосування витратних БпЛА, як ключового засобу кінетичного обману. Такий підхід дозволить екіпажам

вертольотів безпечніше виконувати свої основні бойові завдання, зменшуючи ризики невиконання польотного завдання.

**ВПРОВАДЖЕННЯ МОДУЛЬНОГО ПІДХОДУ ДО
ПІДГОТОВКИ ОПЕРАТОРІВ БпАК: АДАПТАЦІЯ
ПРОГРАМИ НАВЧАННЯ ДО СТАНДАРТИВ
КОМПЕТЕНТНОСТІ НАТО**

М.І. Сорокатиї, канд.ф.-м. наук, доцент;

О.В. Білаш, канд. е. наук, доцент;

М.І. Войтович, канд.ф.-м. наук, доцент

*Національна академія сухопутних військ
ім. гетьмана Петра Сагайдачного*

Формування системи підготовки екіпажів БпАК вимагає переходу до гнучких моделей навчання, сумісних зі стандартами НАТО. Існуючі програми недостатньо швидко реагують на технологічні зміни. У цьому контексті модульний підхід набуває ключового значення як інструмент оптимізації та уніфікації освітніх програм відповідно до компетентнісних вимог Альянсу.

Військова освіта країн НАТО давно застосовує модульний підхід для підвищення оперативності навчання й адаптації до сучасних викликів. Основні переваги: сумісність навчальних програм між країнами; можливість акредитації модулів на міжнародному рівні; уніфікація компетентностей відповідно до та стандартизованих вимог до професійної діяльності. Система підготовки має базуватися на модульному принципі, де кожен модуль сфокусований на окремій компетенції. Ключовим є перехід до оцінки за результатами. Необхідна інтеграція симуляційних технологій для відпрацювання критичних нештатних ситуацій. Для операційної сумісності слід включати спільні тренування екіпажів БпАК з іншими елементами системи.

Впровадження модульної системи є необхідною умовою для високої якості підготовки. Рекомендації: стандартизувати навчальну програму на основі ключових компетенцій; розробити

уніфіковані протоколи тренувань; запровадити обов'язковий іспит на практичну компетентність після освоєння модуля.

**ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНІ ТА КОГНІТИВНІ ВИМОГИ ДО
ЕКІПАЖІВ БпАК: ФОРМУВАННЯ СТРЕСОСТІЙКОСТІ
ТА НАВИЧОК ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У СИСТЕМІ
ПІДГОТОВКИ НАТО**

М.І. Сорокатий, к.ф.-м.н., доцент;

Л.Д. Величко, к.ф.-м.н., доцент;

О.В. Білаш, к.е.н., доцент;

*Національна академія сухопутних військ
ім. гетьмана Петра Сагайдачного*

Професійна діяльність оператора БпАК характеризується високим когнітивним навантаженням та специфічним психоемоційним стресом. Це вимагає окремого підходу до відбору та підтримки. Мета – ідентифікувати ключові психофізіологічні вимоги та обґрунтувати методики формування стійкості, сумісні з вимогами НАТО.

Специфіка роботи вимагає тривалого сфокусованого утримання уваги, розподілу функцій та обробки великого обсягу даних, що спричиняє когнітивне виснаження. Актуальним є психологічне навантаження, пов'язане з відчуженням від наслідків та потенціалом розвитку моральних дилем. Критичною є підготовка до дій в умовах радіоелектронної протидії, де втрата керування провокує гостру стресову реакцію. Тренування має включати формування навичок оперативного прийняття рішень та методики когнітивної реструктуризації.

Ефективність екіпажів прямо залежить від психологічної стійкості. Пріоритетні завдання: адаптувати психологічні критерії професійного відбору (увага, реакція); впровадити обов'язкові тренінги стресостійкості, сфокусовані на симуляції впливу засобів радіоелектронної боротьби; та розробити протоколи моніторингу та психологічної декомпресії.

АДАПТАЦІЯ ПІДГОТОВКИ ОПЕРАТОРІВ БПЛА ВІДПОВІДНО ДО ВИМОГ СТАНДАРТІВ НАТО

*О.М. Стаднічук, к.хім.н.; М.В. Кучер
Національна академія сухопутних військ
ім. гетьмана Петра Сагайдачного*

Ефективність виконання бойових завдань часто залежить від належної підготовки операторів БПЛА, що потребує єдиної сертифікованої програми підготовки, уніфікації та взаємосумісності. Відповідно до Стандарту НАТО АТР-3.8.8.1 операції з БПЛА залежно від рівня ризику класифікують на три категорії, кожна з яких має вимоги до підготовки операторів, а необхідний вид навчання визначається комбінацією параметрів місії: вагою БПЛА, класом повітряного простору, межею видимості, озброєнням та корисним навантаженням. Так, до відкритих категорій належать операції з низьким рівнем ризику (на рівні відділення/взвод), що виконуються в межах візуальної лінії видимості на малих БПЛА. Відповідно оператори повинні пройти базове навчання і мати фундаментальне розуміння загальних правил та безпеки польотів, погодних умов, навігації. Операції з помірним ризиком (спеціальна категорія) проводяться поза межами прямої видимості або в контрольованому повітряному просторі. Крім базових знань, оператори повинні розуміти технології дистанційного зондування, зв'язку, координат та планування. Операції з високим рівнем ризиком (сертифікована категорія) передбачають використання великих БПЛА для стратегічних місій у контрольованому повітряному просторі, а оператори повинні пройти ґрунтовну підготовку з відстеження цілей, розгортання озброєння, бойової підтримки та вміння діяти в умовах надзвичайних ситуацій.

Поєднання вимог до навчання операторів за рівнем ризику та складності операції дозволить покращити ступінь підготовки, а саме навчання – стандартизувати. Така узгодженість підвищить безпеку та посилить оперативну сумісність між підрозділами.

**ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО НАВЧАННЯ ПІДРОЗДІЛІВ,
ОСНАЩЕНИХ БПЛА-ПЕРЕХОПЛЮВАЧАМИ**

Н.А. Золотницький; Є.В. Сапєгін;

В.А. Таршин, д.т.н., професор;

Г.С. Залевський, д.т.н., с.н.с.

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

У ході російсько-української війни противник масовано застосовує ударні та розвідувальні БПЛА, як у день, так і уночі. Такі порівняно дешеві засоби повітряного нападу завдають великої шкоди як військовим, так і цивільному населенню. У відповідь у підрозділах Сил оборони України розвивається технологія застосування дронів-перехоплювачів. Така технологія є більш раціональною у порівнянні із застосуванням наземних зенітних ракетних та авіаційних ракетних комплексів.

У даний момент ефективність підрозділів, оснащених БПЛА-перехоплювачів, є достатньо низькою. Дана ефективність може бути суттєво підвищеною за рахунок забезпечення інформацією від мобільних радіолокаторів, які мають забезпечувати виявлення БПЛА типу “Герань-2” на дальності порядку 15 км та супроводження трас ударних (розвідувальних) БПЛА противника разом із трасами БПЛА-перехоплювачів до моменту захвату цілі оптичною камерою або тепловізійним пристроєм, встановленими на перехоплювачі.

Таким вимогам відповідають радіолокатори RPS-42 (“Rada”) та ELR55307, інформацію від яких у перспективі будуть отримувати всі підрозділи, оснащені БПЛА-перехоплювачами.

У доповіді обговорюються пропозиції щодо організації та забезпечення занять з військовослужбовцями зі складу підрозділів, оснащених БПЛА-перехоплювачами із застосуванням спеціального програмного забезпечення, мобільних радарів та БПЛА.

ОСОБЛИВОСТІ ПІДГОТОВКИ ПІЛОТІВ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ І КЛАСУ

І.М. Грицина, к.т.н., доцент

Національна академія Служби безпеки України

Сучасні війни довели, що безпілотні літальні апарати стали одним з елементів бойової системи, ефективність якої суттєво залежить від рівня підготовки операторів. Значна кількість операторів змушені опановувати тонкощі військової спеціальності в бойових умовах. Тому програма підготовки має ґрунтуватися на чітко визначених вимог: медичних, психологічних, когнітивних та поведінкових.

Медичні критерії повинні охоплювати не лише базові показники зору й слуху, а й стійкість серцево-судинної системи та фізичну працездатність.

Психологічний відбір повинен бути багаторівневим. Перший етап, це виявлення тривожності, депресивних тенденцій чи травматичного досвіду. Далі – оцінка поведінки в умовах інформаційного перевантаження. Після цього необхідно визначати швидкість реакції, обсяг робочої пам'яті та рівень мультизадачності.

Програма підготовки повинна приділяти багато уваги роботі з системами ситуаційної обізнаності. Під час підготовки необхідно проводити тренування при втраті GPS, під радіоелектронними завадами. Обов'язковими є нічні польоти та польоти в обмеженому просторі, зокрема в режимі АТТІ.

Велику увагу треба приділяти напрацюванню навиків з планування місії. Необхідно проводити перевірку мотивації особового складу екіпажів, готовність до командної роботи та здатність виконувати спільні завдання.

Такий підхід дозволить готувати операторів, здатних ефективно діяти в умовах сучасного бою та витримувати високі фізичні й психологічні навантаження.

ЗАСТОСУВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ ПІДТРИМКИ ЕКІПАЖІВ ПРИ СПІЛЬНОМУ ЗАСТОСУВАННІ ПІЛОТОВАНОЇ ТА БЕЗПІЛОТНОЇ АВІАЦІЇ

*А.С. Бологін, к.т.н., с.н.с.; П.О. Жикол
Державний науково-дослідний інститут авіації*

Теорія прийняття рішень є областю досліджень, що включає понятійний апарат та методологію прикладних розділів математики, теорії імовірностей і математичної статистики, теорії випадкових процесів та експертного оцінювання. На практиці особи, що приймають рішення, стикаються з труднощами: великими обсягами інформації, численними факторами, які впливають на ситуацію та змінами зовнішнього середовища. За таких умов, для обґрунтованого прийняття рішень, виникає необхідність застосування автоматизованих інструментів, зокрема інтелектуальних систем. Найбільш перспективним напрямом розвитку сучасних інформаційних технологій у сфері прийняття рішень є створення систем підтримки прийняття рішень (СППР), що ґрунтуються на технологіях штучного інтелекту (ШІ).

У сучасних військових конфліктах активно розвиваються форми спільного застосування пілотованої та безпілотної авіації, формуються вимоги до технологій взаємодії, обміну інформацією та організації дій на основі ШІ, що є необхідною умовою високої бойової ефективності авіаційних формувань. Інтелектуальна СППР дозволяє враховувати великі обсяги даних, виконувати їх аналіз у реальному часі та формувати проекти управлінських рішень щодо бойових завдань, забезпечує неперервний контроль процесу прийняття рішень у складних ситуаціях, а також автоматизацію управління експлуатацією літальних апаратів.

Для ефективного сумісного застосування безпілотної та пілотованої літальних апаратів необхідна достовірна інформація про їхній технічний стан та формально описана система

експлуатації. Розробка математичного забезпечення СППР передбачає визначення раціональної структури моделей для розрахунків та обробки даних баз про технічний стан планерів на всіх етапах експлуатації, що дозволяє підготувати оптимальні варіанти рішень для прийняття відповідальними особами. Більшість рішень стосуються можливості продовження термінів експлуатації літальних апаратів та прогнозування змін їх характеристик.

Однією із складових СППР є інтелектуальна підтримка екіпажів авіаційних комплексів, яка забезпечує подання актуальної обстановки, ситуаційної поінформованості, формування варіантів адаптивних рішень для управління літальними апаратами на всіх етапах бойового польоту. Використання СППР підвищує надійність управління спільного застосування пілотованої та безпілотної авіації завдяки своєчасному обміну інформацією, вогневій взаємодії та автоматизації прийняття поточних тактичних рішень у реальному часі.

Можливості застосування СППР визначаються виконанням усіх розрахункових бойових завдань. Своєчасна та надійна система інтелектуальної підтримки екіпажів авіаційних комплексів забезпечується на ключових етапах польоту: зустріч у польоті, маловисотний політ, подолання протиповітряної оборони, повітряний бій, пошук та ураження цілей, повторні заходи та вихід на аеродроми. Завдання зазначеної системи включають: автоматизовану оцінку тактичної обстановки, формування раціональних варіантів рішень, управління бортовим обладнанням літальних апаратів, подання достовірної інформації, розпізнавання тактичних ситуацій, оцінку перешкод, формування схем групової атаки та контроль безпеки при спільних діях пілотованої та безпілотної авіації.

Одним із найскладніших завдань СППР є забезпечення безпеки групових спільних дій, що потребує алгоритмів бойового управління з елементами ШІ. Теорія штучного інтелекту забезпечує ефективне управління літальними апаратами та

прийняття рішень у нестандартних ситуаціях. Включення інтелектуальної підтримки екіпажів до складу алгоритмів бортового обладнання підвищує можливості авіаційних формувань у виконанні всього комплексу бойових та спеціальних завдань при спільному застосуванні пілотованої та безпілотної авіації.

ОБГРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ ПРОФЕСІЙНО-ПСИХОЛОГІЧНОГО ВИВЧЕННЯ ПЕРСОНАЛУ ЕКІПАЖІВ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ

В.В. Рютін, к.пед.н., доцент

Національний аерокосмічний університет

“Харківський авіаційний інститут”

Активний розвиток та масштабне застосування безпілотної літальних апаратів (БПЛА) та безпілотної авіаційних комплексів (БПАК) у секторі безпеки та оборони України закономірно формулює проблеми якісної підготовки пілотів, спонукає до пошуку ефективних систем навчання пілотів і формування екіпажів БПАК.

Ми здійснили аналіз нормативної бази, яка визначає підготовку пілотів БПАК в нашій країні щодо порядку допуску людини до оволодіння професією пілот БПАК. У постанові Кабінету міністрів України від 1 жовтня 2024 року №1129 “Про реалізацію експериментального проекту щодо сертифікації шкіл зовнішніх пілотів (операторів) безпілотної системи, підготовки зовнішніх пілотів (операторів), зовнішніх пілотів (операторів) – інструкторів, а також членів зовнішніх екіпажів безпілотної системи” вказано, що для отримання сертифіката зовнішнього пілота БПЛА/БПАК, сертифіката оператора БПНК/БПВК, сертифіката члена екіпажу БПЛА/БПАК/БПНК/БПВК або проходження підготовки, перепідготовки чи підвищення кваліфікації фізична особа має звернутися до сертифікованої школи, яка має навчальну програму, де вказано порядок подання

документів, складення теоретичного і практичного іспиту та видачі відповідних сертифікатів. Більш того, “вимоги щодо проведення лікарсько-льотної експертизи фізичних осіб, які мають намір отримати сертифікат зовнішнього пілота БпЛА/БпАК, сертифікат члена екіпажу БпЛА/БпАК, відповідно до цілей цього Порядку не застосовуються”. Тобто, у документі нічого не вказано про професійно-психологічний відбір кандидатів на навчання.

У професійному стандарті за групою професій “Оператори безпілотних авіаційних систем: оператор наземних засобів керування безпілотним літальним апаратом; оператор дистанційно керованих безпілотних літальних апаратів; оператор дистанційно керованих безпілотних апаратів агропромислового виробництва” ми проаналізували компетентності та результати навчання. Привертає увагу, що автори документу наголошують на комунікативній складовій результатів навчання:

Б4.К2. Комунікувати в складі команди з поглибленого опрацювання результатів аерофото- та відеозйомки.

Б4.К5. Структуровано викладати думки з дотриманням причинно-наслідкових зв’язків та відповідно до мети комунікації.

Б5.К3. Взаємодіяти з попереднім/наступним/взаємодіючим екіпажами БАС при виконанні спільного завдання.

Б5.К4. Інформувати визначених осіб про непередбачувані (зокрема, аварійні) ситуації.

Д2.К1. Взаємодіяти в колективі, брати участь в обговоренні та вирішенні задач.

Д3.К1. Взаємодіяти в колективі, брати участь в обговоренні проблеми.

Д4.К1. Взаємодіяти в колективі, брати участь в процесах складного розподіленого моделювання. Тощо.

На нашу думку:

Досягнення вищевказаних результатів навчання пілотів БпАК може бути суттєво ускладнено через відсутність професійно-

психологічного вивчення кандидатів на навчання і пов'язану з цим вірогідність потрапляння на навчання кандидатів з проблемами у комунікації.

Впровадження професійно-психологічного вивчення як кандидатів на навчання, так і підготовлених пілотів БпАК дозволить формувати психологічно сумісні екіпажі, своєчасно реагувати на психологічні розлади пілотів з наданням своєчасної психологічної допомоги та формувати систему психологічного відновлення пілотів БпАК.

ПІДГОТОВКА ОПЕРАТОРІВ БпАК: СТАНДАРТИ НАТО

В.І. Жирун; М.О. Васіляді

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Формування системи підготовки екіпажів безпілотних авіаційних комплексів із урахуванням стандартів НАТО, спрямоване на забезпечення високого рівня професійної компетентності операторів через уніфіковані навчальні модулі, прозорі вимоги до кваліфікації та сертифікації, а також стандартизовані процедури оцінки й контролю навичок. Така система підвищує оперативну сумісність з міжнародними партнерами, сприяє ефективній інтеграції БпАК у багатонаціональні операції та мінімізує ризики помилок і цивільної шкоди завдяки впровадженню міжнародних норм безпеки, етики та правового регулювання. Крім того, впровадження сучасних методів навчання — симуляції, модульних курсів і безперервної оцінки компетенцій — забезпечує адаптивність підготовки до технологічних змін і вимог оперативного середовища.

Ключові акценти: уніфікація навчальних стандартів, сертифікація та оцінка компетенцій, сумісність з НАТО, безпека й правове забезпечення, сучасні методи навчання.

ПОБУДОВА ЕФЕКТИВНОЇ СИСТЕМИ НАВЧАННЯ ЕКІПАЖІВ БпАК НА ЗАСАДАХ НАТО

Т.С. Ткач

*Харківський національний університет Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба*

Формування сучасної системи підготовки екіпажів безпілотних авіаційних комплексів (БпАК) вимагає переходу на стандарти й підходи НАТО, що забезпечують уніфікацію процедур, підвищення рівня безпеки та взаємосумісності зі збройними силами країн-партнерів. Основою такої системи є компетентнісний підхід, модульність навчальних програм і стандартизація вимог до операторів, техніків та аналітиків. Навчання має включати теоретичну підготовку, тренажерні заняття, практичні польоти, а також сертифікаційні процедури відповідно до STANAG, зокрема щодо повітряної безпеки, управління польотами, технічного обслуговування та аналізу даних.

Упровадження системи оцінювання ризиків, CRM (Crew Resource Management), стандартизованих чек-листів і процедур взаємодії дозволяє мінімізувати людський фактор та підвищити ефективність застосування БпАК у бойових умовах. Важливими елементами є інтеграція симуляторів, адаптивність під різні типи безпілотників, а також поетапна підготовка — від базової до спеціальної.

Перехід на стандарти НАТО формує єдині підходи до експлуатації, управління та технічного забезпечення БпАК, що забезпечує більш високий рівень підготовленості екіпажів, підвищує якість виконання завдань і сприяє повній сумісності з силами партнерів у межах сучасних операцій.

ПІДГОТОВКА ОПЕРАТОРІВ БпАК У ПІДРОЗДІЛАХ СИЛ ОБОРОНИ: ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ОПТИМІЗАЦІЇ

Ю.Б. Добровольський, к.т.н., доцент, с.н.с.;

М.О. Ярмольчик, д.філос.; Д.Б. Молчанов

Кафедра військової підготовки Державного університету

“Київський авіаційний інститут”

У дослідженні було проаналізовано сучасний стан підготовки особового складу підрозділів безпілотних систем (БпС) Сил оборони України, окреслено ключові проблеми та запропоновано модель поетапної підготовки, спрямовану на зменшення часу відриву військовослужбовців від бойових завдань без втрати якості навчання.

Зростаюча роль безпілотних платформ у сучасних бойових діях зумовлює необхідність стандартизованої та доступної підготовки операторів і технічних фахівців. Від ефективності навчання залежить не лише якість виконання завдань, а й загальна бойова стійкість підрозділів.

На сьогоднішній день рівень підготовки особового складу підрозділів БпС суттєво варіює між підрозділами, проте загалом дозволяє виконувати завдання за призначенням. Значна частка навчання фактично перемістилася на рівень бригад, оскільки навчальні центри ЗС України забезпечують належну теоретичну підготовку та базові навички пілотування, але недостатньо охоплюють елементи тактичного застосування, орієнтування на місцевості та роботи з боєприпасами. “Приватні школи” та програми виробників часто забезпечують вищий практичний рівень, однак не завжди мають право видавати сертифікати встановленого зразка. Оскільки присвоєння військово-облікової спеціальності (ВОС) можливе лише через навчальні центри ЗС України, більшість підрозділів змушені направляти особовий склад саме туди, незважаючи на тривалість курсів.

Поточна кадрова ситуація в бойових підрозділах не дозволяє відривати екіпажі на навчання довше ніж на 7–10 днів, тоді як стандартні курси тривають близько півтора місяця. Це зумовлює потребу в комбінованому, поетапному підході до підготовки, який би поєднував навчання у бригаді, дистанційні платформи та виїзну атестацію представників навчальних центрів. Запропонована модель на сьогоднішній день включає:

- початковий індивідуальний етап у бригаді з використанням внутрішніх інструкторів та онлайн-ресурсів;

- виїзний контроль знань комісією навчального центру з можливістю присвоєння ВОС та видачі сертифіката на рік; стажування в бойових екіпажах.

Також до запропонованої моделі є додаткові пункти, які потребують більше часу та засобів для реалізації:

- розроблення єдиного мінімального навчального стандарту для всіх форматів підготовки, з уніфікацією термінології, тестів, критеріїв оцінювання;

- введення системи постійного підвищення кваліфікації; сертифікація “приватних” інструкторів, введення єдиного реєстру таких інструкторів;

- створення та залучення системи симуляторів та VR-тренажерів;

- обов’язкова підготовка по взаємодії та протидії РЕБ; окреме навчання по роботі з босприпасами та вибухівкою (особливо важливо для FPV груп)

Додатковим системним викликом є ризик втрати підготовленого персоналу після проходження курсів у державних структурах, оскільки військовослужбовці можуть бути перерозподілені в інші частини. Це демотивує рекрутингові підрозділи та знижує кількість військових, яких направляють на навчання. Особливо критичною є нестача інженерів-техніків, здатних адаптувати та модернізувати БпАК під бойові задачі; їхня системна підготовка фактично відсутня.

Додатково вплив чинить і платформа “Армія+”, яка полегшує переведення фахівців, але водночас сприяє переходу найдосвідченіших операторів і техніків у більш боєздатні підрозділи, що поглиблює дисбаланс у підготовці між бригадами. Часте оновлення особового складу внаслідок бойових втрат також формує значні відмінності у рівні підготовки екіпажів, що ускладнює стандартизацію застосування БпАК.

Для підвищення загальної ефективності доцільно впроваджувати диференційований розподіл бойових завдань з урахуванням навченості екіпажів, а також ротацію військовослужбовців між екіпажами різного рівня для обміну досвідом. Попри можливе тимчасове зниження результативності окремих провідних екіпажів, такий підхід сприятиме підвищенню системної спроможності підрозділів.

Сучасна система підготовки операторів БпАК у підрозділах Сил оборони має фрагментарний характер і потребує адаптації до умов війни. Поетапна комбінована модель навчання, посилення підготовки інженерів-техніків і оптимізація кадрової політики здатні забезпечити підвищення якості та уніфікації підготовки, зменшивши при цьому негативний вплив кадрових втрат і перерозподілів.

Для нотаток

Для нотаток

Для нотаток

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

**БЕЗПІЛОТНА АВІАЦІЯ У СУЧАСНІЙ
ЗБРОЙНІЙ БОРОТЬБІ**

ТРЕТЯ НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ
ІНЖЕНЕРНО-АВІАЦІЙНОГО ФАКУЛЬТЕТУ
ХАРКІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ПОВІТРЯНИХ СИЛ ІМЕНІ ІВАНА КОЖЕДУБА

Тези доповідей

Відповідальний за випуск: Ю.В. Скорий

Комп'ютерна верстка: Ю.В. Скорий, В.І. Ткачов

Комп'ютерний дизайн обкладинки: Ю.В. Скорий, Р.Р. Левченко

Підписано до друку 24.12.2025 р. Формат 60×84 1/16. Папір офсетний.

Гарнітура Times New Roman. Друк ризографічний. Ум. друк. арк. 12,7

Тираж 35 прим. Зам. №

Видавець виготовлювач

Харківський національний університет Повітряних Сил
імені Івана Кожедуба

61023, Харків-23, вул. Сумська, 77/79

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК №5370 від 30.06.2017 р.