

В.А. Лупандін¹, Г.В. Мегельбей¹, О.Й. Мацько², Т.Л. Куртсеїтов², П.О. Міроненко²

¹Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

²Національний університет оборони України ім. І. Черняхівського, Київ

ОСНОВНІ ТЕНДЕНЦІЇ СТВОРЕННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ГРУП БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

В статті розглянуті основні підходи до створення ройової зброї. Вона представляє собою групу безпілотних літальних апаратів, які об'єднані в рій, який керується як одне ціле. Рій може включати у себе однотипні та різнотипні безпілотні літальні апарати, що здатні виконувати часткові задачі для досягнення основного завдання рою. Проведений аналіз розробок ройової зброї провідними країнами світу та визначені основні тенденції її створення. В основу управління ройової зброї покладені методи децентралізованого колективного управління, які дозволяють забезпечити управління польотом групи безпілотних літальних апаратів. Для протидії ройовій зброї одними з найбільш перспективних вважаються засоби радіоелектронної боротьби, які мають порушувати управління всередині рою безпілотних літальних апаратів.

Ключові слова: безпілотний літальний апарат, тенденції розвитку, рій безпілотних літальних апаратів, ройова зброя, метод колективного управління.

Вступ

Постановка проблеми. Аналіз сучасних збройних конфліктів показує, що застосування безпілотних авіаційних комплексів представляє загрозу важливим військовим об'єктам і військовим частинам (підрозділам) під час їх перегрупування, знаходження в районі зосередження та виконання ними бойових завдань.

На сучасному етапі розвитку системи протиповітряної оборони одним з актуальних питань є виявлення та ураження малорозмірних цілей малої радіолокаційної контрастності типу безпілотних літальних апаратів (БПЛА).

БПЛА мають невеликі розміри та низьку ефективну поверхню розсіювання, насамперед створюють загрозу і вимагають проведення відповідних заходів щодо боротьби з ними.

Як приклад, в січні 2018 році в Сирії групою БПЛА була атакована російська авіабаза Хмеймім [1–2].

За інформацією начальника Управління будівництва та розвитку системи застосування БПЛА Генерального штабу збройних сил Російської Федерації генерал-майора О. Новикова на брифінгу для представників засобів масової інформації [3] в нападі застосовувались тринадцять ударних БПЛА. В результаті нападу сім БПЛА були знищені зенітними ракетно-гарматними комплексами “Панцирь-С1”, решта під впливом засобів радіоелектронної боротьби здійснили посадку.

На брифінгу [3] відмічалось, що застосовані БПЛА були саморобного виробництва (рис. 1) з деталей, які є у вільному продажу. Наприклад, в БПЛА встановлювались двигуни, які застосовуються для

велосипедних мопедів. Радіоелектронне обладнання дозволяло здійснювати автоматизований (запрограмований) політ та скидання боєприпасів.

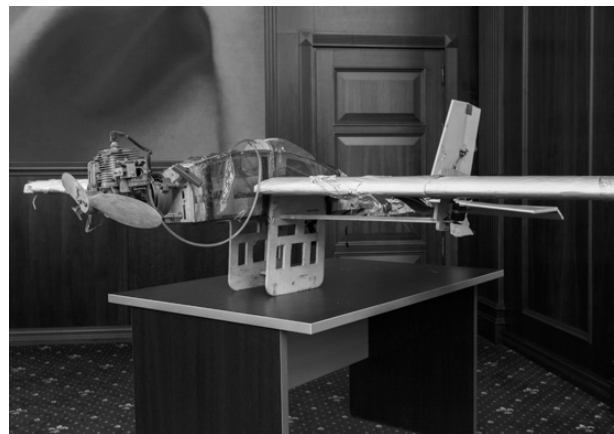


Рис. 1. БПЛА, що застосовувались в нападі на авіабазу Хмеймім

В якості боєприпасів використовувались до десяти (на одному БПЛА) саморобних вибухових пристроїв вагою 400 грамів, які оснащувались вражаючими елементами у вигляді металевих куль з радіусом ураження до 50 метрів.

Запуск БПЛА здійснювався з одного місця у відносно короткий час. Один з БПЛА був оснащений відеокамерою для контролю та корегування нанесення удару.

Тобто, поява реальних загроз, що пов'язана із застосування груп БПЛА в терористичних цілях, потребує уваги та прийняття заходів протидії.

Подібна тактика застосування груп БПЛА приймається на озброєння провідними країнами світу.

Мета статті – проведення аналізу досліджень провідних країн світу та визначення основних тен-

денцій розвитку та застосування груп БПЛА в сучасних збройних конфліктах.

Виклад основного матеріалу

В 2016 році пройшли успішні випробування рою мікроБПЛА, який складався зі 103 апаратів Perdix [4–5]. Ця ройова система БПЛА була розроблена Управлінням стратегічних можливостей при Міністерстві оборони США, в співпраці з Командуванням авіаційних систем ВМС США.

На рис. 2 показані БПЛА Perdix одноразової дії, що можуть літати на гранично малих висотах. Основні тактико-технічні характеристики наведені в табл. 1.

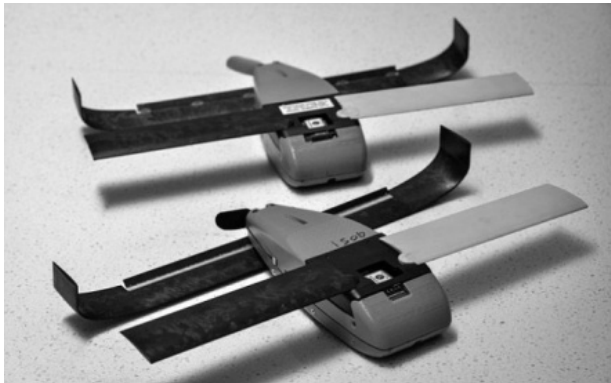


Рис. 2. БПЛА Perdix

Таблиця 1
Основні тактико-технічні характеристики
БПЛА Perdix

Показник	Значення
Розмах крил, см	30
Довжина корпусу, см	16,5
Вага, г	290
Час польоту, хв.	більше 20
Максимальна швидкість, км/год	70

Ройовий інтелект передбачає скоординовані дії великої кількості апаратів, які локально взаємодіють з собою та оточуючим середовищем. Кожен апарат наслідує прості базові правила, але в сукупності система ройового інтелекту демонструє виключно складну спільну поведінку. Вона діє фактично як єдиний великий організм [6–8]. БПЛА у рою продемонстрували колективне прийняття рішень, гнучке формування польоту та самовідновлення. БПЛА Perdix не є заздалегідь запрограмованими, вони є колективним організмом, мають розподілений мозок для ухвалення рішень і адаптації один до одного. Так діють рої комах в природі. Оскільки кожен БПЛА Perdix “спілкується” та “співпрацює” з усіма іншими апаратами, увесь рій не має лідера та може плавно адаптуватися до будь-яких змін в команді.

Передбачається, що БПЛА діятимуть проти сучасної системи ППО. Її подолання здійснювати-

меться завдяки одночасному застосуванню безлічі БПЛА.

Малорозмірні БПЛА мають підлітати до своїх цілей з мінімально можливими інтервалами та дистанціями між собою. Отже, одна з головних проблем при цьому – зіткнення БПЛА один з одним. Для цього безпілотні апарати повинні мати можливість взаємодії один з одним, утворюючи інформаційну мережу. Ця властивість забезпечує перерозподіл бойових завдань в обстановці, що змінюється, у тому числі у разі виведення з ладу деяких БПЛА.

На численних випробуваннях в якості носіїв рою використовувались літаки F/A-18 Super Hornet на випробувальному полігоні Чайна-Лейк в штаті Каліфорнія.

Вважається, що невеликі та недорогі автономні системи спроможні виконувати завдання, які раніше виконувались великими БПЛА, які у порівнянні з малими мають велику вартість.

БПЛА Perdix – лише одна з багатьох систем, що розробляється для створення “рою БПЛА”. Недоліком такої системи є обмежений радіус дії.

Крім того, в США організовані роботи за програмою LOCUST Управління військово-морських досліджень і проект агентства DARPA Gremlins [7].

Управління військово-морських досліджень США представило технологію дешевих у виробництві ройових БПЛА LOCUST (сарана), яка дозволяє вистрілювати у повітря до 30 БПЛА, об'єднаних в інтелектуальні мережі. Управління БПЛА, які пов'язані один з одним за допомогою бездротової мережі, здійснюється наземним оператором. Такі ройові БПЛА можуть бути використані для розвідувальних і бойових завдань [9–10].

БПЛА завантажуються зі складеними крилами та стабілізаторами в стандартну військово-морську пускову систему “Sonar Buoy” (рис. 3). Після запуску БПЛА встановлюють зв'язок один з одним і можуть оперативно взаємодіяти між собою в повітрі. Запуск БПЛА планується здійснювати не лише з кораблів, але й з різних бронемашин і літаків. При цьому оператор у будь-який момент зможе особисто втручатися в управління БПЛА, або просто буде стежити за ходом виконання місії [11].

В якості базової моделі для проекту “Сарана” використовується БПЛА Coyote компанії Raytheon.

Coyote відноситься до міні БПЛА. Основні тактико-технічні характеристики наведені в табл. 2.

Основна відмінність від базової версії БПЛА Coyote – нове програмне забезпечення для злагодженої роботи БПЛА в групі, яке дозволяє в ході атаки координувати свої дії, що ґрунтуються на заданих алгоритмах. БПЛА інтегровані між собою та постійно обмінюються даними у рамках своєї системи.

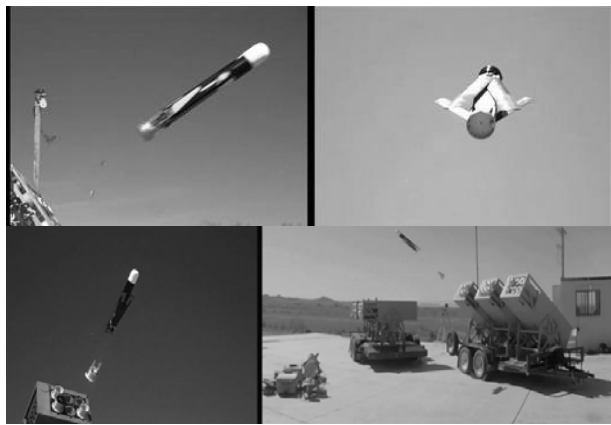


Рис. 3. Запуск БПЛА за програмою LOCUST

Таблиця 2
Основні тактико-технічні характеристики БПЛА Coyote

Показник	Значення
Максимальна злітна маса, кг	6,4
Корисне навантаження, кг	2,27
Максимальна стеія, м	6100
Робочі висоти, м	150–365
Дальність дії, км	37
Максимальна тривалість польоту, год.	1,5
Максимальна швидкість, км/год	157

Вартість одного БПЛА біля \$15000, в майбутньому передбачається застосування більш економічних моделей, с більшими боєзарядами.

Планується, що БПЛА будуть здатні атакувати морські судна противника або, навпаки, використовуватися в оборонних операціях. БПЛА можна буде запускати з кораблів, літаків і з наземної військової техніки.

Розробники стверджують, що “Сарана” має таку низьку вартість, що сотні Coyote будуть дешевші, ніж тактичний літак.

Проект агентства DARPA Gremlins передбачає створення невеликих БПЛА, здатних об’єднуватися в групи та спільно виконувати різні завдання. Передбачається, що “гремлінів” запускатимуть з бомбардувальників B-52 Stratofortress, B-1B Lancer і транспортних літаків C-130 Hercules/Super Hercules з висоти 12 тисяч метрів (рис. 4).



Рис. 4. Концепція проекту Gremlins

Апарати зможуть розвивати швидкість до 860–980 км/год. Тривалість польоту БПЛА складе до трьох годин, а дальність дії до 900 кілометрів.

БПЛА Gremlins призначені для ведення радіоелектронної розвідки і подавлення засобів ППО, а також як ударні БПЛА. Виконавши свою місію, “Gremlin” повинен повернутися до носія, де за допомогою спеціального устаткування встановлюється на борту літака.

Фахівці з DARPA [12] розробили технологію для ройової зброї – систему координованої автономії, завдяки якій БПЛА можуть працювати індивідуально або в групі під управлінням однієї людини. БПЛА обмінюватимуться інформацією один з одним, прийматимуть рішення про розподіл завдань і синхронізації дій, взаємодіятимуть один з одним та з оператором. Усе це вони робитимуть самостійно, залежно від обстановки.

Також наявність штучного інтелекту на основі модульного програмного забезпечення з відкритим кодом дозволить БПЛА самостійно виявляти цілі, обирати маршрут підльоту та знищувати їх.

Компанія General Atomics Aeronautical Systems вже запропонувала свій варіант такого БПЛА, присвоївши йому найменування SUAS (small unmanned aircraft system) (рис. 5). Маса складає близько 350 кг, він може нести корисне навантаження до 13 кг і має запас палива на годину роботи. Його льотний ресурс розрахований на 20 циклів.

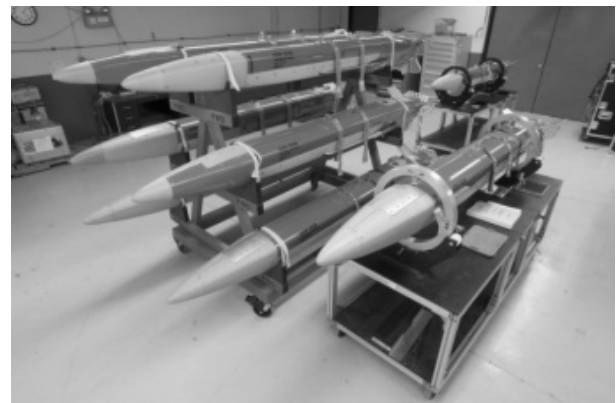


Рис. 5. БПЛА Gremlins

Зовні Gremlin схожий на крилату ракету типу JASSM, але з вужчим крилом і перегорнутим хвостовим оперенням. Випробування плануються почати в 2019 році, на яких групі з шести БПЛА буде поставлене завдання виявити й знищити реальні та віртуальні цілі.

Також компанія General Atomics веде розробку спеціального механічного маніпулятора, за допомогою якого транспортні літаки зможуть відловлювати в повітрі БПЛА проекту Gremlins і переправляти їх у вантажний відсік літака [7].

У Російській Федерації авторське конструкторське бюро “Міленіум” розробляє мережецентричну

архітектуру для безпілотників на базі нейромереж [13].

У рамках цієї концепції БПЛА передає інформацію серверу, наприклад, про зміни в ландшафті району бойових дій, після обробки інформація надається іншим апаратам. За задумом розробників, обмін інформацією між БПЛА дозволить підвищити ефективність виконання завдань.

У 2016 році про розробку мережецентричної архітектури взаємодії БПЛА повідомили в Об'єднаній приладобудівній корпорації [13]. За допомогою створеної апаратури БПЛА зможуть обмінюватися інформацією на відстані в сотні кілометрів і передавати зібрані дані на командний пункт, наземну і авіаційну техніку. Першим в мережецентричну структуру вбудують середній БПЛА “Корсар”.

Паралельно пройшли випробування спільної розробки Головного науково-дослідного випробувального центру робототехніки Міністерства оборони РФ і компанії “Сетевые платформы” [13]. Фахівці відпрацювали спільний політ декількох БПЛА з передачею розвідувальної інформації базовій станції управління. Надалі розробники планують навчити БПЛА виконанню бойових завдань, а також підвищити автономність їх взаємодії та ухвалення рішень.

Дві російські компанії восени 2018 року завершили випробування комплексу управління роєм у складі з чотирьох БПЛА RAL X6 коптерного типу [14]. БПЛА RAL X6 має загальну вагу 12 кг та спроможний нести корисне навантаження до 5 кг. Система призначена для доставки вантажів до важкодоступних районів. В [14] зазначено, що основне застосування рою БПЛА – це військова галузь.

Концерн “Системпром”, підрозділ Об'єднаної приладобудівної корпорації, що входить в ДК “Ростех” [8], представив робототехнічний комплекс з декількох БПЛА коптерного типу, в тому числі й ударний БПЛА, озброєний реактивним гранатометом. БПЛА здатні в групі виконувати функції координації, спостереження та розвідки. На відміну від того, що прийнято називати “роєм”, усередині групи функції БПЛА розділені на конструктивному рівні, але інформаційна взаємодія між апаратами припускає спільне ухвалення рішень.

Китайська державна компанія China Electronics Technology Group представила та доповіла про успішну розробку концепції та управління роєм з 119 наддешевих БПЛА того ж класу, що і апарати Perdix (рис. 6) [8].

Успішно продемонстровано інтенсивне катапультивання, повітряне нарощування та створення мультицільового угруповання, кластерні операції і інші види діяльності.

На міжнародному авіасалоні China Airshow 2018, який проходив в місті Чжухає, китайська ком-

панія Norinco (China North Industries Corp.) представила нову ройову систему Swarm. За концепцією побудови рій спроможний виконувати різні бойові завдання та адаптуватися до різних сценаріїв бойових дій в тому числі нанесення групового удару.



Рис. 6. БПЛА компанії China Electronics Technology Group

На авіасалоні були представлені декілька сценаріїв застосування рою БПЛА в інтересах сухопутних військ. Тактичні сценарії передбачають ураження бронетанкової техніки, позиції артилерії, радіолокаційних станцій, вузлів зв'язку, складів, особового складу та інше [15].

Рій Swarm передбачає гнучку конфігурацію складу, формується з 10–15 БПЛА коптерного типу з чотирма (MR40) або шістьма (MR150) гвинтами (рис. 7–8). Кожний апарат оснащений гіростабілізованою оптико-електронною апаратурою, радіолокаційною станцією наведення та прицілювання та іншим розвідувальним обладнанням. В якості засобів ураження БПЛА застосовуються боєприпаси, що скидаються на парашуті, керуемі ракети, авіаційні бомби, автоматичні гранатомети, кулемети та ін.



Рис. 7. БПЛА MR40 компанії Norinco

БПЛА оснащені багатоканальною апаратурою передачі даних та можуть діяти в мережецентричному середовищі. Рій діє в радіусі 30 км протягом однієї години. Бойові завдання передбачають ураження броньованої техніки, артилерії, радіолокаційних станцій, технічних позицій та складів, вузлів зв'язку, особового складу, літальних апаратів в укриттях. При оснащенні ракетами класу “повітря-

повітря” вони спроможні уражати повітряні цілі типу БПЛА, вертольотів та ін.



Рис. 8. БПЛА MR150 компанії Norinco

В перспективі передбачається інтеграція до рою штучного інтелекту. Планується об'єднання рою з наземними автоматичними апаратами, які мають на озброєнні дві керуємі або не керуємі ракети та кулемет калібру 7,62 мм, який також був представлений на виставці. В подальшому до складу ройової системи мають увійти безпілотні надводні човни, що надасть можливість знищувати оператору цілі в трьох середовищах мінімальними людськими та матеріальними втратами [15].

Не зважаючи на те, що загальною тенденцією створення ройових систем зброї є зменшення вартості БПЛА, даний вид озброєння є складною системою. Головною проблемою створення подібних роїв є створення системи обміну інформацією між окремими БПЛА. До складу рою можуть входити БПЛА, які за своїм функціональним призначенням мають різні завдання, а саме: ведення оптико-електронної та (або) радіолокаційної розвідки, виконання ударних завдань відповідно бойового навантаження, мають на борту засоби обробки інформації, зв'язку та передачі даних. На відміну від управління поодинокими БПЛА де є тільки мережа зв'язку “оператор-БПЛА” в роях необхідне створення мережі “БПЛА-БПЛА” (рис. 9).

На даний час розрізняють два типи роїв. Перший тип складається з однотипних апаратів, які призначені для виконання однієї загальної задачі і діють як розподілений об'єкт. В даному випадку застосовують ройовий метод управління. В другому типі рій складається з апаратів, які мають різне корисне навантаження та виконують різні функції в межах загальної задачі. В даному типі використовують мультиагентні методи управління.

Ройові методи схожі на поведінку комах, птахів, риб, які згуртовані в рої, зграї, що обмінюються інформацією та виконують спільну задачу використовуючи колективний інтелект (здатність групи знаходити більш ефективне рішення, ніж окреме індивідуальне рішення в цій групі).

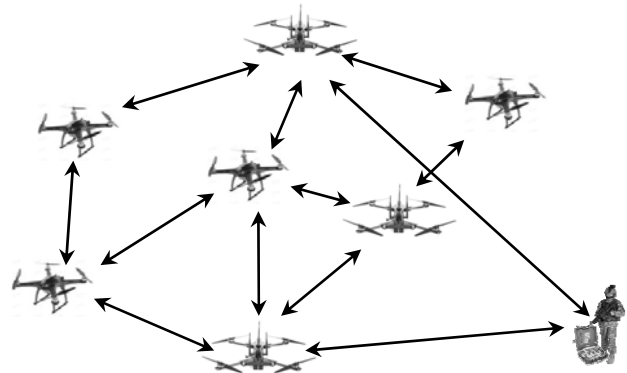


Рис. 9. Мережі управління ройових систем

Рій управляється, як правило, одним оператором, при цьому такі задачі як дотримання відстані між апаратами, огинання перешкод, вибір маршруту польоту та інші виконуються без участі оператора.

Взаємодія в групі відбувається не між всіма, а між сусідніми апаратами. БПЛА приймають часткові рішення (наприклад, огинання перешкод) виконання завдання на основі своїх даних та даних, зібраними сусідніми апаратами. Сусідні БПЛА обмінюються даними про обстановку навколо себе, таким чином розповсюджуючи дані між всіма членами рою. Кожний апарат самостійно контролює та дотримується відстані між сусідніми БПЛА та перешкодами, що виникають [16].

Зв'язок з оператором здійснюється епізодично для постановки загального завдання групі та для контролю про стан групи та хід виконання завдання.

При мультиагентному методі визначені БПЛА виконують функції “агента”, який за допомогою спеціального програмного забезпечення та встановленої апаратури (датчиків) оцінює ситуацію, приймає рішення та взаємодіє з іншими “агентами” та рештою апаратів.

Спеціальне програмне забезпечення “агента” групи БПЛА дозволяє вирішувати наступні задачі:

- визначення місцеположення;
- визначення ступеня виконання задач;
- обмін інформацією між іншими “агентами”;
- порівняння своїх даних з поставленим завданням;
- корегування своїх дій за прийнятими даними.

Характеристиками інтелектуальних “агентів” є здатність до:

- колективної цілеспрямованої поведінки в інтересах рішення однієї задачі;
- самостійного вирішення локальних задач;
- активних дій з метою досягнення загальних і локальних цілей;

переміщення та пошуку інформації та об'єктів, які необхідні для колективного рішення загальної задачі;

автоматичної адаптації до невизначених умов в середовищі, що динамічно змінюється [17].

Тобто, мультіагентний метод колективного управління дозволяють керувати незалежними, автономними БПЛА, які виконують різні задачі. Управління оператором обмежується постановкою загальної задачі, але в будь-який момент часу може втручатись в керування окремим БПЛА [18].

Отже, в основу управління ройової зброї покладені методи децентралізованого колективного управління, які дозволяють забезпечити управління польотом групи БПЛА з автономним “спілкуванням” між апаратами.

За визначенням іноземних фахівців [7] на сьогоднішній час засоби протиповітряної оборони не підготовлені до ефективної протидії групам БПЛА. Втрати будуть асиметричними, як у військовому, так і у фінансовому відношенні. Для знищення БПЛА витрачається велика кількість коштовних боеприпасів.

Найбільш перспективними засобами протидії вважаються перспективні засоби радіоелектронної боротьби, які мають порушувати мережі управління з оператором та всередині рою БПЛА.

Основною проблемою порушення мереж управління міжройових зв'язків є невелика відстань між БПЛА у порівнянні з дальністю до засобу радіоелектронної боротьби. Для визначення можливості подавлення проведемо розрахунки за формулою [19]:

$$D_n = D_{36} \sqrt{\frac{P_n G_n}{K_n P_{36} G_{36}}}, \quad (1)$$

де D_n – дальність подавлення;

D_{36} – дальність зв'язку;

P_n – потужність передавача перешкод;

P_{36} – потужність засобів зв'язку БПЛА;

G_n – коефіцієнт підсилення антени передавача перешкод;

G_{36} – коефіцієнт підсилення антени засобів зв'язку БПЛА;

K_n – коефіцієнт подавлення.

Вважаючи, що міжройові зв'язки будуть організовані за допомогою стандартів зв'язку типу Bluetooth, Wi-Fi, WiMAX, DVB-T та ін., до формули будемо підставляти наступні значення: $P_{36}=100$ мВт; $\sigma_{36}=1$; $\sigma_n=10$; $K_n=2$.

На рис. 10 наведений графік залежності дальності подавлення від потужності постановника перешкод для випадків, коли дистанції міжройових зв'язків становлять 10, 50 та 100 метрів. З графіку видно, що при організації роїв з дистанцією між БПЛА більше 50 метрів для подавлення міжройових зв'язків на дальності 2 км достатньо мати засіб перешкод потужністю 50 Вт. При зменшенні відстані між БПЛА до 10 метрів потужність засобу перешкод має складати до 1000 Вт.

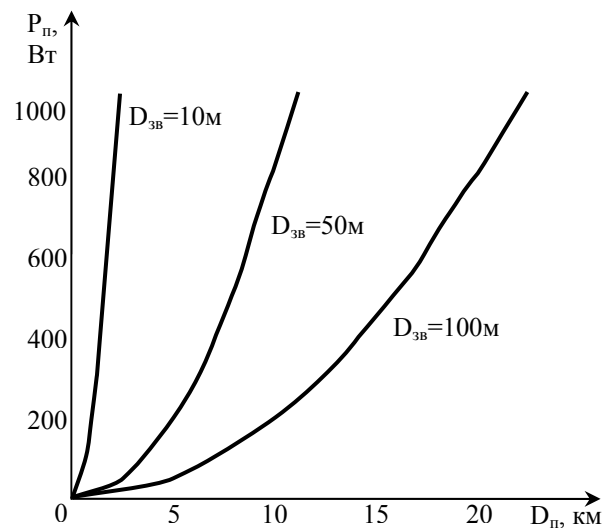


Рис. 10. Залежність дальності подавлення від потужності передавача перешкод

Отже, проведені розрахунки свідчать, що засоби радіоелектронної боротьби спроможні здійснювати радіоелектронне подавлення міжройових зв'язків, що має приводити до зриву виконання завдань групи БПЛА.

Висновки

Проведений аналіз розвитку та застосування БПЛА свідчить про інтенсивний розвиток технологій управління роїв (груп) БПЛА.

БПЛА, що об'єднані в рої, передбачають скоординовані дії апаратів, які взаємодіють між собою та оточуючим середовищем. Кожний апарат виконує прості базові правила, але у сукупності діють як складний організм, здатний приймати рішення, формувати маршрути польоту та обирати цілі. Рій не має лідера та може адаптуватися до змін в команді.

Управління здійснює оператор, який стежить за ходом виконання завдання та в будь-який момент часу може втручатись в керування БПЛА.

Система управління роями на відміну від системи управління поодинокими БПЛА потребує додаткової мережі обміну інформацією між БПЛА. В цій мережі циркулює інформація про позиціонування, орієнтування апаратів у просторі, шиккування у бойові порядки відповідно ситуації, що склалася.

Для створення роїв застосовуються БПЛА різних класів, але однією з основних вимог є їх мала вартість.

Планується, що рої БПЛА будуть запускати з кораблів, літаків та наземної військової техніки, що надає спроможності діяти на великих відстанях. Вони здатні виконувати завдання з радіоелектронної розвідки, радіоелектронної боротьби та ударні функції.

Протидіяти тактиці ройових систем значно складніше ніж поодиноким БПЛА. На відміну від пілотованих літальних апаратів, БПЛА можуть діяти

як камікадзе. Найбільш перспективними способами боротьби з роями є порушення мережі управління з оператором та внутрішніх міжрйових зв'язків. Таким чином, одними з основних засобів протидії рою БПЛА є засоби радіоелектронної боротьби.

Список літератури

1. У Сирії авіабаза Росії зазнала нової атаки [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://ukr.segodnya.ua/world/wnews/v-sirii-aviabaza-rossii-podverglas-novoy-atake-1103820.html>.
2. Російську авіабазу в Сирії атакували беспилотники – второй раз за неделю [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.bbc.com/russian/news-42596160>.
3. Начальник Управления строительства и развития системы применения БПЛА Генштаба ВС РФ генерал-майор Александр Новиков провел брифинг для представителей российских и зарубежных СМИ [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: https://function.mil.ru/news_page/country/more.htm?id=12157872@egNews.
4. Department of Defense Announces Successful Micro-Drone Demonstration [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.defense.gov/News/News-Releases/News-Release-View/Article/1044811/departement-of-defense-announces-successful-micro-drone-demonstration>.
5. США провели испытание крупнейшего в мире “роя” миниатюрных “беспилотников” [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: https://news.rambler.ru/weapon/35786960/?utm_content=rnews&utm_medium=read_more&utm_source=copylink.
6. Пентагон успешно испытал рой из 103 беспилотников [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://geektimes.ru/post/284474/>.
7. “Рой” дронов Пентагона [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://cezarium.com/swarm-of-drones/>.
8. Беспилотные летательные аппараты объединяются в “рой” [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.secnews.ru/articles/23323.htm#ixzz539p9sT2> Security News.
9. Проект “Саранча”. Смертельный рой ударных беспилотников испытан ВМС США [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://rusmonitor.com/proekt-sarancha-smertelnyj-roj-udarnykh-bespylotnikov-vms-ssha.html>.
10. “Роящиеся” беспилотники-саранча LOCUST определяют будущее ВМС США [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://newsader.com/26896-royashhiesya-bespylotniki-sarancha-bud/>.
11. Беспилотники-камикдзе: зачем американским военным “стаи саранчи” [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://tvzvezda.ru/news/forces/content/201504270735-ks7v.htm>.
12. DARPA собирает беспилотники в рой [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://cont.ws>.
13. В России создают нейросеть для управления роем беспилотников [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://военное.рф/2017/%D0%91%D0%BF%D0%BB%D0%B010/>.
14. В России впервые испытали рой беспилотников [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.mk.ru/politics/2018/11/20/v-rossii-vpervye-ispytali-roy-bespylotnikov>.
15. Рой беспилотников. Новая тактика боевых действий уникального оружия Китая [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://tass.ru/armiya-i-opk/5786857>.
16. Иванов Д.Я. Методы роевого интеллекта для управления группами малоразмерных беспилотных летательных аппаратов / Д.Я.Иванов // Известия ЮФУ. – 2011. – С. 222-225.
17. Скобелев П.О. Открытые мультиагентные системы для оперативной обработки информации в процессах принятия решений: дис. ... д-ра техн. наук 05.13.01 / Скобелев Петр Олегович. – Самара, 2003. – 418 с.
18. Пріліпхув Є.В. Проблеми управління групою автономних рухомих об'єктів у 3D просторі [Електронний ресурс] / Є.В. Пріліпхув, В.Г. Долина. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.iojnfs.net/infocom2017/problems-u///>.
19. Палий А.И. Радиоэлектронная борьба / А.И.Палий. – М. Военное издательство, 1989. – 350 с.

References

1. (2018), “U Syrii aviabaza Rosii zaznala novoi ataky” [In Syria, the air base of Russia suffered a new attack], available at: <https://ukr.segodnya.ua/world/wnews/v-sirii-aviabaza-rossii-podverglas-novoy-atake-1103820.html>.
2. (2018), “Rossyiskuii avyabazu v Syriyu atakovaly bespylotnyky – vtoroi raz za nedeliu” [Russian air base in Syria was attacked by drones – the second time in a week], available at: <https://www.bbc.com/russian/news-42596160>.
3. (2018), “Nachalnyk Upravleniya stroitelstva y razvytiya systemy pryumeneniya BPLA Henshtaba VS RF heneral-maior Aleksandr Novikov provel bryfynh dlia predstavitelei rossyiskyykh y zarubezhnykh SMY” [Major General Alexander Novikov, Head of the Directorate for Construction and Development of the UAV Application System of the General Staff of the RF Armed Forces, gave a briefing to representatives of Russian and foreign media], available at: https://function.mil.ru/news_page/country/more.htm?id=12157872@egNews.
4. (2017), Department of Defense Announces Successful Micro-Drone Demonstration, available at: <https://www.defense.gov/News/News-Releases/News-Release-View/Article/1044811/departement-of-defense-announces-successful-micro-drone-demonstration>.
5. (2017), “SShA provely yspytanye krupneisheho v myre “roia” mynyatiurnykh “bespylotnykov”” [The United States conducted a test of the world's largest “swarm” of miniature “UAVs”], available at: https://news.rambler.ru/weapon/35786960/?utm_content=rnews&utm_medium=read_more&utm_source=copylink.
6. (2017), “Pentahon uspeshno ispytal roi yz 103 bespylotnykov” [The Pentagon successfully tested a swarm of 103 drones], available at: <https://geektimes.ru/post/284474/>.
7. (2016), ““Roi” dronov Pentahona” [“Swarm” of Pentagon drones], available at: www.cezarium.com/swarm-of-drones/.
8. (2017), “Bespylotnye letatelnye apparaty obiedynjajutsja v “roy”” [Unmanned aerial vehicles are combined into “swarms”], available at: www.secnews.ru/articles/23323.htm#ixzz539p9sT2 Security News.

9. (2015), "Proekt "Sarancha". Smertelnyj roj udarnykh bespylotnykov uspytan VMS SShA" [Project "Locust". The deadly swarm of shock drone tested by the US Navy], available at: <https://rusmonitor.com/proekt-sarancha-smertelnyj-roj-udarnykh-bespylotnykov-vms-ssha.html>.

10. (2016), "Rojashhiesja" bespylotnyky-sarancha LOCUST opredeljat budushhee VMS SShA" [Locally droning LOCUST drones will determine the future of the US Navy], available at: www.newsader.com/26896-royashhiesya-bespylotniki-sarancha-bud/.

11. "Bespylotnyky-kamykadze: zachem amerykanskyim voennym "stay saranchy"" [Kamikaze UAVs: Why do the American military need "locust swarms"], available at: <https://tvzvezda.ru/news/forces/content/201504270735-ks7v.htm>.

12. "DARPA sobyraet bespylotnyky v roj" [DARPA collects drones in a swarm], available at: <https://cont.ws>.

13. (2017), "V Rossyy sozdajut nejrosetj dlja upravlenija roem bespylotnykov" [In Russia, create a neural network to control a swarm of UAVs], available at: www.военное.рф/2017/%D0%91%D0%BF%D0%BB%D0%B010/.

14. "V Rossyy vpervye uspytaly roj bespylotnykov" [In Russia for the first time experienced a swarm of UAVs], available at: www.mk.ru/politics/2018/11/20/v-rossii-vpervye-ispytali-roy-bespylotnikov.

15. (2018), "Roj bespylotnykov. Novaja taktika boevykh dejstvyj unikaljnogo oruzhja Kytaja" [Swarm drone. New tactics of fighting unique weapons of China], available at: www.tass.ru/armiya-i-opk/5786857.

16. Ivanov, D.Ya. (2011), "Metody roevogho yntellekta dlja upravlenija ghruppamy malorazmernykh bespylotnykh letatelnykh apparatov" [Methods of swarm intelligence for controlling groups of small-sized unmanned aerial vehicles], *Izvestia SFU*, pp. 222-225.

17. Skobelev, P.O. (2003), "Otkrytye muljtyagantnye systemy dlja operativnoj obrabotky ynformacy v procesakh pryjatyya reshenij: dySSERTacyja" [Open multiagent systems for on-line information processing in decision-making processes: dissertation], Samara, 418 p.

18. Prilipukhov, Ye.V. and Dolina, V.G. (2017), "Problemy upravlinnja ghrupoju avtonomnykh rukhomykh ob'ektiv u 3D prostori" [Problems of managing a group of autonomous moving objects in 3D space], available at: www.iojns.net/infocom2017/problems-u//.

19. Paliy, A.I. (1989), "Radyoelektronnaja borjba" [Radio fight wrestling], Military publishing house, Moscow, 350 p.

Надійшла до редколегії 25.03.2019

Схвалена до друку 9.04.2019

Відомості про авторів:

Лупандін Володимир Анатолійович

кандидат технічних наук старший науковий співробітник
начальник науково-дослідного управління
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-6060-5894>

Мегельбей Ганна Василівна

кандидат технічних наук старший науковий співробітник
провідний науковий співробітник
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-2873-4677>

Мацько Олександр Йосипович

кандидат військових наук професор
начальник інституту Національного університету
оборони України ім. І. Черняхівського,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-3415-3358>

Куртсеїтов Тимур Ленурович

доктор технічних наук доцент
начальник кафедри Національного університету
оборони України ім. І. Черняхівського,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-6478-6469>

Міроненко Павло Олександрович

кандидат технічних наук доцент
доцент Національного університету
оборони України ім. І. Черняхівського,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-6388-1763>

Information about the authors:

Vladimir Lupandin

Candidate of Technical Sciences Senior Research
Chief of Scientific Research Department
of Ivan Kozhedub Kharkiv
National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-6060-5894>

Hanna Mehelbei

Candidate of Technical Sciences Senior Research
Lead Researcher
of Ivan Kozhedub Kharkiv National
Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-2873-4677>

Oleksander Matsko

Candidate of Military Sciences Professor
Chief of Institute of Ivan Cherniahovskiy
National Defense University of Ukraine,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-3415-3358>

Tymur Kurtseitov

Doctor of Technical Sciences Associate Professor
Chief of Department of Ivan Cherniahovskiy
National Defense University of Ukraine,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-6478-6469>

Pavlo Mironenko

Candidate of Technical Sciences Associate Professor
Senior Lecturer of Ivan Cherniahovskiy
National Defense University of Ukraine,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-6388-1763>

ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ СОЗДАНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ ГРУПП БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

В.А. Лупандин, А.В. Мегельбей, А.И. Мацько, Т.Л. Куртсеитов, П.А. Мироненко

В статье рассмотрены основные подходы к созданию роевого оружия. Оно представляет собой группу беспилотных летательных аппаратов, которые объединены в рой управляемый как одно целое. Рой может состоять из однотипных и разнотипных беспилотных летательных аппаратов, способных самостоятельно выполнять частные задачи для достижения основного задания роя. Проведен анализ разработок роевого оружия ведущими странами мира и определены основные тенденции его создания. В основу управления роевого оружия положены методы децентрализованного коллективного управления, которые позволяют обеспечивать управление полетом группы беспилотных летательных аппаратов. Для противодействия роевому оружию одними из наиболее перспективных считаются средства радиоэлектронной борьбы, которые должны нарушать управление внутри роя беспилотных летательных аппаратов.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, тенденции развития, рой беспилотных летательных аппаратов, роевое оружие, метод коллективного управления.

MAJOR TRENDS OF THE DEVELOPMENT AND APPLICATION OF A UNMANNED AERIAL VEHICLE GROUPS

V. Lupandin, G. Megelbey, O. Matsko, T. Kurtseitov, P. Mironenko

The article discusses the main approaches to the creation of swarm weapons. It is a group of unmanned aerial vehicles, which are united in a swarm controlled as one. A swarm may consist of homogeneous and heterogeneous unmanned aerial vehicles capable of performing private tasks independently in order to achieve the main objective of the swarm. The analysis of the development of swarm weapons by the leading countries of the world has been conducted and the main trends of its creation have been determined. Unmanned aerial vehicles, united in swarms provide for coordinated actions of the devices, which interact with each other and the environment. Each unit performs simple basic rules, but in the aggregate they act as a complex organism, capable of making decisions, shaping flight routes and choosing targets. Roy has no leader and can adapt to changes in the team. The swarm may include unmanned aerial vehicles, which, according to their functional purpose, have different tasks, such as: conducting optical-electronic and (or) radar reconnaissance, performing fighting tasks in accordance with the war load, has on board processing means, communications and data transmission. The operator guides the unmanned aerial vehicles, and monitors the progress of the task and at any time can interfere. The control of swarm weapons is based on the methods of decentralized collective control, which allow to control the flight of a group of unmanned aerial vehicles. The swarm control system, unlike the control system of single unmanned aerial vehicles, requires an additional network of information exchange between unmanned aerial vehicles. Information about positioning, the orientation of the apparatus in space, building into battle formations in accordance with the situation circulates in this network. To counteract swarm weapons, electronic warfare devices are considered to be one of the most promising, which should disrupt control inside the swarm of unmanned aerial vehicles.

Keywords: unmanned aerial vehicle, development trends, swarm of unmanned aerial vehicles, swarm weapons, collective control method.