

УДК 621.396.96:623.746-519

ТЕХНОЛОГІЇ ПРОТИДІЇ МАЛОРОЗМІРНИМ БЕЗПЛОТНИМ ЛІТАЛЬНИМ АПАРАТАМ

Костров Є.О.

e-mail: yevhenii.kostrov@nure.ua

Науковий керівник – ст. викладач Бобнів Р.О

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. МІРЕС
м. Харків, Україна

The development of UAV countermeasures focuses on detecting, classifying, and neutralizing potential threats. Modern systems employ radar, acoustic sensors, and AI-powered optical recognition for accurate identification. Neutralization techniques include electronic jamming, interception drones, and directed energy weapons. Automated control systems enhance real-time response, integrating data from multiple sensors. The combination of satellite-based tracking and networked defense systems further improves detection and interception capabilities. This study examines advanced UAV defense strategies, highlighting the role of AI, sensor fusion, and adaptive technologies in enhancing security and operational efficiency.

Актуальність проблеми: Малорозмірні безпілотні літальні апарати (БпЛА) набули широкого поширення завдяки своїй доступності, мобільності та можливості виконувати різноманітні завдання, включаючи розвідку, спостереження, а також доставку вантажів. Проте їх використання також становить загрозу безпеці критичної інфраструктури, аеропортів, державних установ і військових об'єктів. В умовах сучасного розвитку технологій та конфліктних ситуацій зростає необхідність створення ефективних методів виявлення, класифікації та нейтралізації БпЛА.

Мета роботи: Метою є аналіз сучасних методів і технологій виявлення, класифікації та нейтралізації малорозмірних БпЛА, а також оцінка їх ефективності в реальних умовах експлуатації. Дослідження спрямоване на розробку нових підходів до інтеграції різних технологій у комплексні системи протидії, що дозволяють забезпечити надійний захист стратегічних об'єктів та цивільних інфраструктур від загроз, пов'язаних з використанням дронів.

Виклад основного матеріалу: Системи протидії БпЛА можна розділити на три основні категорії. По-перше, засоби виявлення, серед яких виділяють радіолокаційні системи, що працюють у діапазоні сантиметрових і міліметрових хвиль, акустичні сенсори, які аналізують характерні шуми, створені дронами, та оптико-електронні системи, що застосовують нейромережі для розпізнавання об'єктів. Використання комбінованого підходу дозволяє знизити ймовірність помилкових спрацьовувань та покращити точність виявлення об'єктів.

Другий етап включає методи класифікації та ідентифікації, які передбачають використання штучного інтелекту для аналізу траєкторій польоту та базу даних сигнатур різних моделей БПЛА. Завдяки глибокому навчанню нейромережі здатні виявляти відмінності між комерційними та військовими моделями дронів, а також прогнозувати їх поведінку в повітряному просторі. Використання алгоритмів машинного навчання дозволяє автоматично визначати тип БПЛА, що спрощує прийняття рішень щодо його подальшої нейтралізації.

Останнім етапом є технології нейтралізації, серед яких радіоелектронне придушення, що передбачає глушіння навігаційних і керуючих каналів зв'язку, високопотужні лазери та мікрохвильові системи для фізичного знищення БПЛА, а також використання перехоплювачів – спеціальних дронів із сітками або механізмами захоплення. Серед перспективних рішень також розглядається застосування електромагнітних імпульсів, які можуть виводити з ладу електроніку дронів на безпечній відстані, не створюючи загрози для цивільних об'єктів.



Рисунок 1 – Система протидії БПЛА на базі радіолокаційного виявлення та радіоелектронного придушення [1]

Окрім зазначених технологій, значний інтерес становлять системи автоматизованого управління засобами боротьби з БПЛА. Вони дозволяють централізовано контролювати дії засобів виявлення, ідентифікації та нейтралізації, синхронізуючи їх роботу для досягнення максимального ефекту. Такі системи можуть базуватися на принципах мережоцентричної оборони, де обмін інформацією між усіма елементами відбувається в реальному часі. Це дозволяє оперативно реагувати на загрози та адаптувати методи протидії відповідно до змін у тактичній ситуації. Крім того, інтеграція таких рішень із супутниковими системами спостереження дозволяє розширити зону контролю та виявлення БПЛА навіть у складних географічних умовах.

Висновки: Основними слабкими сторонами БПЛА, які можуть бути використані для організації пасивних і активних заходів протидії, є їх погодозалежність, схильність до зовнішнього фізичного впливу, наяв-

ність ряду демаскуючих ознак (електромагнітне, інфрачервоне, акустичне та радіовипромінювання), а також схильність до впливу перешкод і хакерських атак [2]. Сучасні технології протидії малорозмірним БпЛА мають широкий спектр застосування і включають багаторівневі рішення, що поєднують детекцію, аналіз і засоби нейтралізації. Найефективнішим є комбінований підхід, який дозволяє адаптуватися до різних умов використання безпілотних систем. Подальший розвиток технологій штучного інтелекту та квантових сенсорів дозволить значно підвищити точність і швидкість реагування систем боротьби з БпЛА, а вдосконалення методів розподіленої обробки даних дозволить значно прискорити процес прийняття рішень та мінімізувати ризики для критично важливих об'єктів.

Список використаної літератури:

1. У ЗСУ розповіли про ефективність РЕБ проти дронів. URL https://antikor.com.ua/articles/715151v_vsua_rasskazali_ob_effektivnosti_reb_protiv_dronov_vs_rf. (дата звернення: 02.03.2025)
2. Сучаний стан та проблеми протидії маловисотним, низькошвидкісним та малорозмірним БпЛА. URL <https://sit.nuou.org.ua/article/view/159095/158399>. (дата звернення: 02.03.2025)