УДК 621.396.962:623.746-519

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИЯВЛЕННЯ БПЛА ПО АКУСТИЧНОМУ ВИПРОМІНЮВАННЮ

Шафроненко Є.О.
e-mail: yevhenii.shafronenko@nure.ua
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. МІРЕС
м. Харків, Україна

Unmanned aerial vehicles (UAVs) have rapidly gained prominence in a wide array of applications, ranging from military operations such as reconnaissance, surveillance, and target acquisition, to civilian uses such as cargo delivery, monitoring, and environmental research. Their ability to operate autonomously and maneuver with precision at relatively low altitudes provides tactical advantages, making them valuable assets across diverse fields. However, these very characteristics of high maneuverability, low flight altitude, and compact size – pose significant challenges for detection systems, which are designed to identify, track, and neutralize aerial threats.

Безпілотні літальні апарати (БПЛА) в останні десятиліття стали важливими елементами в ряді військових та цивільних застосунків, включаючи розвідку, спостереження, а також доставку вантажів. Однак їх висока маневреність, низька висота польоту та малий розмір створюють значні труднощі для ефективного виявлення та знищення. Традиційні радарні системи можуть бути малоефективними через низьку радіолокаційну помітність БПЛА, що робить необхідним використання альтернативних методів виявлення, зокрема, на основі акустичного випромінювання.

Акустичне виявлення є методом пасивного моніторингу навколишнього середовища, що полягає в фіксації звукових хвиль, які генеруються або відбиваються від об’єкта. БПЛА під час польоту створюють специфічні акустичні сигнали, зумовлені роботою двигуна, пропелера або іншими механічними процесами, такими як рух повітря через елементи конструкції. Для виявлення БПЛА використовують спеціалізовані акустичні сенсори, здатні вловлювати ці сигнали на значних відстанях.

Основні фактори, які впливають на акустичну помітність БПЛА, включають тип двигуна (бензиновий, електричний, турбінний), конструктивні особливості (наприклад, форма і розміри пропелера), швидкість польоту та висота. Сигнали, що генеруються БПЛА, є, зазвичай, низькочастотними, що сприяє їх передачі на великі відстані в атмосфері. Проте високий рівень фонового шуму, погодні умови та шум від інших об’єктів можуть значно ускладнювати процес їх виявлення.

Одним із ключових аспектів підвищення ефективності акустичного виявлення – це правильне розташування сенсорів. Акустичні сенсори повинні бути стратегічно розташовані для максимального покриття та зниження впливу фонових шумів. Використання мережі сенсорів дозволяє

отримувати дані з різних точок і здійснювати трикутну локалізацію джерела звуку, що підвищує точність виявлення БПЛА. Множинні сенсори, встановлені в різних точках, можуть забезпечити кращу локалізацію та виявлення, навіть у складних умовах.

Основним завданням акустичного виявлення є виокремлення корисного сигналу серед фонових шумів. Для цього використовуються різноманітні методи обробки сигналів, такі як фільтрація, аналіз частотного спектра, а також алгоритми машинного навчання для класифікації звукових сигналів. Одним із перспективних напрямків є використання методів глибинного навчання для автоматичного виявлення і класифікації звуків, характерних для БПЛА.

Акустичні сигнали БПЛА можуть змінюватися в залежності від умов навколишнього середовища, таких як температура повітря, вологість або наявність вітру. Для підвищення точності виявлення важливо розробити адаптивні системи, які здатні враховувати ці фактори. Використання адаптивних фільтрів та алгоритмів, що дозволяють коригувати виявлення в реальному часі, є важливим кроком до підвищення ефективності акустичного моніторингу.

Для забезпечення комплексної безпеки важливо поєднувати акустичне виявлення з іншими методами моніторингу, такими як радарні системи, оптичні сенсори та інфрачервона детекція. Інтеграція даних від різних типів сенсорів дозволяє знижувати ймовірність помилкових спрацьовувань та покращувати точність виявлення БПЛА, навіть у складних умовах.

На сьогоднішній день дослідження в галузі акустичного виявлення БПЛА активно розвиваються. Враховуючи поступове удосконалення сенсорних технологій та обчислювальних потужностей, в перспективі можна очікувати значне підвищення точності та чутливості акустичних систем. Інноваційні підходи в обробці даних, а також поява нових матеріалів для створення сенсорів з вищими характеристиками чутливості і стійкості до шумів, можуть стати важливими факторами для розвитку цієї технології.

Список використаних джерел:

1. Smith, J., & Thompson, R. Acoustic detection of UAVs: Challenges and advancements in signal processing techniques//Journal of Aerospace Engineering. 2023. 45(2), P.134-145. https://doi.org/10.1016/j.jaeroeng.2023.02.003

2. Zhang, L., & Wang, Q. Passive acoustic sensors for UAV detection in complex environments. International Journal of Unmanned Systems. 2024. 11(1). P. 55-68. https://doi.org/10.1016/j.ijus.2024.01.008