

## ТЕХНІЧНІ АСПЕКТИ СТВОРЕННЯ АКУСТИЧНОГО ДЕТЕКТОРА

Створення акустичного детектора дронів є надзвичайно важливим завданням для забезпечення безпеки й моніторингу в сучасному світі. Основою такого пристрою є акустичні сенсори, які працюють на основі виявлення звукових хвиль, створених дронами. Звук гвинтів та двигунів кожного дрона має унікальну акустичну підпис, що дозволяє відрізнити їх від інших джерел звуку. Для аналізу цих даних використовуються спектрограми, які виділяють характерні частоти звуку. Таким чином, акустичний детектор може виявляти дрони навіть у складних умовах.

Ключовою частиною технології є обробка звукових сигналів. Застосування цифрової обробки сигналів (DSP) дозволяє відфільтрувати шум та виділяти необхідні звукові підписи. Сучасні системи використовують алгоритми машинного навчання, зокрема нейронні мережі, які дозволяють ефективніше класифікувати звуки та знижувати кількість помилкових спрацьовувань. Ці технології відкривають можливість автоматизації виявлення дронів, що є важливим для зон підвищеного ризику, таких як аеропорти, військові бази або критична інфраструктура.

Розробка таких систем стикається з технічними викликами, зокрема фоновим шумом у міських чи природних умовах, який ускладнює роботу детекторів. Для вирішення цієї проблеми впроваджуються адаптивні фільтри та алгоритми шумозаглушення, що ізолюють корисний сигнал. Також погані погодні умови, як-от вітер і дощ, впливають на якість даних, що потребує створення стійких сенсорів.

Ще одним викликом є дальність виявлення. Звукові хвилі мають обмежений радіус поширення через затухання в повітрі, що зменшує ефективність акустичних детекторів на великих відстанях. Для подолання цієї проблеми використовуються високочутливі мікрофони, а також комбінуються кілька сенсорів у єдину систему. Іншим важливим аспектом є енергоспоживання таких пристроїв. Оскільки обробка даних вимагає значної обчислювальної потужності, автономні системи можуть швидко витратити заряд, що є проблемою для довготривалого використання.

Акустичні детектори також інтегруються з іншими технологіями, такими як радіочастотні або оптичні сенсори, для підвищення загальної надійності системи. Такий підхід допомагає зменшити кількість помилкових спрацьовувань і покращити точність ідентифікації. Інтеграція різних методів розширює можливості системи, роблячи її більш адаптивною до різних умов.

Акустичні сенсори можна використовувати в міських умовах для безпеки під час масових заходів, встановлюючи їх на дахах або в ключових точках. Вони допомагають оперативно реагувати на загрози, зокрема незаконне використання дронів. У Європі такі технології вже інтегрують у системи громадської безпеки.

Один із цікавих прикладів використання акустичних детекторів дронів стосується охорони національних кордонів. Наприклад, у США вони використовуються у взаємодії з іншими технологіями, такими як радарні системи та радіочастотний моніторинг. Акустичні системи дозволяють фіксувати дрони, які можуть використовуватися для нелегального транспортування через кордон, що є серйозною загрозою. Ця інтеграція демонструє ефективність багатосенсорного підходу для вирішення складних завдань моніторингу.

Серед готових рішень можна виділити проєкт DroneShield, який розробляє акустичні системи для виявлення дронів. Їхні пристрої працюють на основі аналізу звукових хвиль, що дозволяє ідентифікувати дрони навіть у складних умовах. Інший приклад — система AUDS (Anti-UAV Defence System), яка включає акустичні модулі в поєднанні з радаром і оптичними камерами для багаторівневого моніторингу.

Отже, акустичні детектори дронів є важливим інструментом, що, підвищує безпеку завдяки DSP, машинному навчанню та багатосенсорним системам, що вже активно впроваджуються у світі.

### **Список використаних джерел:**

1. AUDS: Anti-UAV Defence System. Blighter Surveillance Systems. URL: <https://www.blighter.com/products/auds-anti-uav-defence-system/> (дата звернення: 13.03.2025).
2. DroneShield – Advanced Counter-UAS Solutions. DroneShield. URL: <https://www.droneshield.com/media/news-coverage/advanced-counter-drone-solutions-drive-growth-in-emerging-security-industry> (дата звернення: 13.03.2025).
3. Acoustic Detection and Tracking of Unmanned Aerial Vehicles. Sensors. 2020. URL: <https://www.mdpi.com/1424-8220/20/17/4870> (дата звернення: 13.03.2025).
4. Deep Learning-Based UAV Detection Using Acoustic Data. Drones. 2021. URL: <https://www.mdpi.com/2504-446X/5/3/54> (дата звернення: 13.03.2025).