

УДК 621.396.9:534.86]:629.7

ПАСИВНІ МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЕЗНАХОДЖЕННЯ БПЛА З АКУСТИЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Красношапка Т.Ю.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Олейніков В.М.

Харківський національний університет радіоелектроніки

61166, Харків, пр. Науки 14, кафедра МІРЕС

тел. +38(066) 564-80-23, email: taras.krasnoshapka@nure.ua.

Methods for direction finding of unmanned aerial vehicles in radar and acoustic systems designed to detect and measure the coordinates of aircraft are considered. The advantages and disadvantages of the main types of methods are analyzed. Direction-finding methods implemented using antenna arrays are considered. It is shown that modern methods and algorithms with superresolution, implemented using adaptive antenna arrays, allow solving the problem of determining the coordinates of several sources separated by a sufficiently small angular distance.

В сучасному світі стрімко зростає використання БПЛА. Їх використовують у різних сферах: безпека та охорона навколишнього середовища, сільське господарство і т.д. Зазвичай використання БПЛА несе в собі багато позитивних сторін, але також воно створює і негативні ефекти. Наприклад випадки вторгнення в особисте життя, несанкціонований моніторинг інфраструктурних та військових об'єктів. Тому для боротьби з БПЛА важливо навчитися визначати їх місцезнаходження.

Виявлення акустичного випромінювання БПЛА може здійснюватися як активними, так і пасивними методами. Пасивні системи акустичного виявлення використовуються вже багато років і застосовуються для виявлення різних джерел звук. Пасивні прилади виявляють природну енергію, яка відбивається або випромінюється зі сцени спостереження, тоді як активні прилади випромінюють імпульс звуку і виявляють відбитий сигнал.

Акустичні сенсори дають змогу наземним засобам здійснювати пошук і виявлення БПЛА в пасивному режимі, знижуючи таким чином імовірність визначення противником власних позицій. Тому модифікація наявних акустичних систем пошуку або створення нових може забезпечити надійний метод виявлення БПЛА

Для детального аналізу акустичних сигналів використовують решітки мікрофонів, оскільки використання окремого мікрофона дасть лише грубу оцінку акустичного сигналу. Водночас акустична решітка, крім просторового накопичення сигналів, дає змогу оцінювати час приходу фронту акустичної хвилі в різні точки простору, що, своєю чергою, сприяє оцінюванню кута поширення хвилі відносно решітки, тобто можна обчислити пеленг на джерело випромінювання.

З використанням решітки мікрофонів виділяють такі методи визначення джерела акустичного випромінювання: метод різниці часу приходу, класичний метод та метод надроздільності

Метод різниці часу приходу вимірює кутові координати та дальність до джерела випромінювання. За певної різниці часу приходу до окремих мікрофонів акустичного сигналу можна визначити кутове положення джерела випромінювання. Для визначення різниці часу до окремих мікрофонів використовують обчислення положення максимуму ВКФ сигналів на часовій осі.

Класичний метод обробки полягає у введенні в оброблюваний сигнал відносних часових затримок та підсумовуванні (метод Бартлетта). При скануванні необхідного кутового сектора знаходиться напрямок з найбільшою потужністю, що відповідає оцінці напрямку приходу корисного сигналу. Значний недоліком цього методу є обмеження точного визначення лише одного ДАВ. При наявності декількох ДАВ виникають помилки у вигляді хибної оцінки пеленгу, оскільки амплітудно-фазовий розподіл акустичного поля буде суперпозицією декількох хвиль.

Метод надроздільності полягає у розкладанні просторової кореляційної матриці за власними векторами. Для вирішення цієї задачі використовують алгоритми лінійного передбачення та алгоритми Кейпону. Ці алгоритми засновані на поділі сигнального та шумового просторів. Визначення напрямку приходу сигналу є кут, який відповідає піковому значенню спектра. Виявлення безпілотних літальних апаратів через власне акустичне випромінювання має вагомні переваги перед іншими методами. Наприклад мінімальна імовірність визначення противником власних позицій Також метод має перспективу у вигляді збільшення дальності та точності виявлення БПЛА.

Список використаних джерел:

1. Kartashov V.M., Oleynikov V.N, Sheyko S.A., Babkin S.I., Koryttsev I.V., Zubkov O.V., Anokhin M.A. Information characteristics of sound radiation of small unmanned aerial vehicles. *Telecommunications and Radio Engineering* (English translation of *Elektrosvyaz and Radiotekhnika*), V.77(10), 2018, pp. 915-924. <https://openarchive.nure.ua/items/525bfe77-be73-4172-8337-d067db55e102>

2. Oleynikov V., Zubkov O., Kartashov V., Koryttsev I., Sheiko S., Babkin S. Experimental estimation of direction finding to unmanned air vehicles algorithms efficiency by their acoustic emission //2019 International Scientific-Practical Conference «Problems of Infocommunications – Science and Technology, PIC S and T 2019 - Proceeding». -2019. - P.175-178 <https://ieeexplore.ieee.org/document/9061337>