

УДК 621.396.96:551.508.8

МЕТОДИ АКУСТИЧНОГО ЗОНДУВАННЯ АТМОСФЕРИ З ВИКОРИСТАННЯМ АНТЕННИХ РЕШІТОК

Бобнів Р.О., Печенов М.А.

e-mail: roman.bobniev@nure.ua, maksym.pechenov@nure.ua

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

This paper explores the use of phased acoustic antenna arrays in sodars for atmospheric remote sensing. The implementation of phased arrays allows for electronic beam steering, significantly improving the accuracy and efficiency of wind speed and turbulence measurements. The study includes mathematical modeling and experimental verification, confirming that phased arrays reduce noise interference by 30-40% compared to traditional methods. The results highlight the advantages of adaptive spatial signal processing and real-time data analysis, making this approach highly effective for meteorology, aviation safety, and environmental monitoring.

Вступ. Акустичне зондування атмосфери є ефективним методом дистанційного моніторингу параметрів атмосфери, таких як швидкість і напрямок вітру, турбулентність та вологість. Впровадження антенних решіток (АР) у структуру содарів відкриває нові можливості для підвищення точності та ефективності вимірювань завдяки електронному керуванню променем діаграми спрямованості.

Актуальність роботи. Розробка методів та засобів акустичного зондування атмосфери на основі фазованих акустичних антенних решіток, дослідження їх потенційних можливостей шляхом математичного моделювання та експериментальної перевірки.

Виклад основного матеріалу. Методи акустичного зондування атмосфери активно розвиваються з середини ХХ століття. Початково системи акустичного зондування базувалися на використанні стаціонарних дзеркальних антен, які забезпечували зондування атмосфери в одному напрямку та вимагали механічного переміщення антен для зміни напрямку випромінювання. Такий підхід був обмеженим через складність керування антеною системою та тривалість процесу вимірювання. З розвитком електроніки з'явилася можливість реалізації фазованих антенних решіток (АР), що дозволяють виконувати електронне управління променем діаграми спрямованості без механічного переміщення елементів системи [1-2].

Фазовані антенні решітки дозволяють здійснювати зондування атмосфери одночасно в кількох напрямках, що значно скорочує час отримання даних. Електронне керування променем дозволяє з високою точністю визначати швидкість і напрямок вітру, оцінювати рівень турбулентності та виконувати метеорологічні дослідження. Проведені дослідження показали, що використання плоских антенних решіток з 50-60 випромінювачами за-

безпечує високу точність вимірювань: похибка визначення швидкості вертикального вітру становить 0,03-0,1 м/с, горизонтального вітру – 0,1-0,3 м/с, а похибка визначення напрямку вітру не перевищує 2-3 градусів [1-2].

Крім підвищення точності, використання фазованих антенних решіток у содарах дозволяє реалізувати методи адаптивної просторової обробки сигналів, що значно покращує завадозахищеність системи. При традиційному зондуванні атмосфери дзеркальними антенами існує висока ймовірність впливу зовнішніх акустичних завад, таких як промисловий шум чи вплив авіаційного транспорту. Запропонована методика формування «нулів» у діаграмі спрямованості антенних решіток дозволяє ефективно придушувати такі завади, зменшуючи вплив небажаних сигналів на результати вимірювань [1-2].

Проведені експериментальні дослідження підтвердили ефективність запропонованих методів. Було встановлено, що використання адаптивної обробки сигналів дозволяє зменшити вплив шумових перешкод на 30-40% у порівнянні з традиційними методами. Це особливо важливо для використання содарів у складних умовах, таких як міські території або промислові зони, де рівень акустичних перешкод є високим [1-2].

Окрім покращення якості вимірювань, застосування фазованих антенних решіток відкриває нові можливості для автоматизації процесу зондування атмосфери. Використання сучасних алгоритмів цифрової обробки сигналів дозволяє у режимі реального часу аналізувати отримані дані, прогнозувати зміну погодних умов та інтегрувати систему акустичного зондування у комплексні метеорологічні мережі. Також відзначено перспективність використання таких систем у сфері авіаційної безпеки, зокрема для прогнозування небезпечних атмосферних явищ на злітно-посадкових смугах аеропортів [1-2].

Висновки. Використання антенних решіток у содарах значно розширює їхні функціональні можливості, підвищує точність та швидкість вимірювань, а також забезпечує адаптацію до змінних умов атмосфери. Розроблені методи відкривають перспективи для подальших досліджень та впровадження технології в метеорологію, авіацію та екологічний моніторинг.

Список використаних джерел:

1. Карташов В.М. Моделі і методи обробки сигналів систем радіоакустичного і акустичного зондування атмосфери. Харків, ХНУРЕ, 2011. 234 с.
2. Kartashov V.M. Estimation of Signal Parameters Scattered by an Acoustic Wave Packet. Telecommunications and Radio Engineering, 2004, Vol. 61, №2, pp. 125-129.