

ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПОТЕНЦІЙНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ВУЗЬКОСПРЯМОВАНИХ МІКРОФОНІВ

Машура А.П., Олейніков А.М.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Спрямованість мікрофонів є однією з ключових характеристик, що визначає їх ефективність у застосуваннях, пов'язаних із записом, передаванням і обробкою акустичних сигналів. Вузькоспрямовані мікрофони (ВНМ) використовуються в системах акустичної розвідки, моніторингу навколишнього середовища та спеціалізованих технічних засобах контролю. Їхні характеристики істотно залежать від геометричних параметрів конструкції – кількості елементів, їх взаємного розташування та співвідношення розмірів із довжиною звукової хвилі [1-3]. У роботі досліджено три основні типи ВНМ: лінійні групи мікрофонів, трубчасті мікрофони та рефлекторні системи. Для кожного типу розглянуто аналітичні залежності, що описують характеристику спрямованості $R(\theta)$, та розраховано коефіцієнт спрямованості Ω за інтегральною формулою $\Omega = \frac{2}{\int_0^\pi R^2(\theta) \sin \theta d\theta}$. Для лінійної групи мікрофонів

характеристика спрямованості визначається як $R(\theta) = \frac{\sin(n\pi\frac{d}{\lambda} \sin \theta)}{n \sin(\pi\frac{d}{\lambda} \sin \theta)} \times R_1(\theta)$,

де n – кількість мікрофонів; d – відстань між ними; λ – довжина хвилі; $R_1(\theta)$ – характеристика спрямованості окремого мікрофона. Аналіз показав, що збільшення довжини лінійної системи підвищує коефіцієнт спрямованості.

Трубчасті мікрофони описуються функцією $R(\theta) = \frac{\sin(n\pi\frac{d}{\lambda}(1-\cos \theta))}{n \sin(\pi\frac{d}{\lambda}(1-\cos \theta))}$ і мають

простішу конструкцію, але нижчу вибірковість у низькочастотній області. Їх перевага полягає у компактності, проте вони поступаються лінійним групам за енергетичною ефективністю. Характеристика рефлекторних мікрофонів описується функцією Бесселя $J_1(\psi)$: $R(\theta) = \frac{J_1(\psi)}{\psi/2}$, $\psi = \frac{2\pi\rho_0}{\lambda} \sin \theta$, де ρ_0 – радіус параболі відбивача, забезпечують найкращу просторову вибірковість у високочастотному діапазоні. Вони не мають обмежень за максимальною частотою й демонструють найвищий рівень фокусування звукової енергії.

Моделювання характеристик проводилося засобами Python із використанням бібліотек NumPy, SciPy та Matplotlib. Це дозволило автоматизувати обчислення, побудувати діаграми спрямованості для різних частот і визначити залежність індексу спрямованості від геометричних параметрів. Результати показали, що при збільшенні діаметра рефлектора з 0,3 до 0,6 м головний пелюсток звужується майже на 40 %, а коефіцієнт спрямованості зростає у 2,5 рази. Отже, геометричні параметри визначають потенційні можливості ВНМ і повинні враховуватись при проектуванні. Під час аналізу індексу напрямленості при однакових лінійних розмірах мікрофонів, було виявлено що, для високочастотних застосувань найкраще використовувати

рефлекторні системи, для низько- та середньо-частотних — лінійні групи, а трубчасті мікрофони мають найгірші характеристики з цих трьох типів мікрофонів, що розглядаються.. Використання Python у процесі аналізу дозволяє створювати інтерактивні моделі та інтегрувати їх із системами ЦОС.

Список літератури

1. Олейніков А. М., Бородавка А. В. Основні напрямки вдосконалення засобів акустичної розвідки // *Радіотехніка*. – 2017. – Вип. 189. – С. 189–194.
 2. Jespersen C. T., Kirkwood B. C., Groth J. Increasing the Effectiveness of Hearing Aid Directional Microphones. *Seminars in Hearing*. 2021. Т. 42, № 03. С. 224–236. URL: <https://doi.org/10.1055/s-0041-1735131> (дата звернення: 02.11.2025).
 3. Zhang X. Benefits and Limitations of Common Directional Microphones in Real-World Sounds. *Clinical Medicine Research*. 2018. Т. 7, № 5. С. 103. URL: <https://doi.org/10.11648/j.cmr.20180705.12> (дата звернення: 02.11.2025).
-