

# ОСОБЕННОСТИ ПАРАМЕТРОВ СРЕДСТВ АКУСТИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ ПРИ ИХ ОГРАНИЧЕННЫХ ГАБАРИТАХ

Носулько И.В.

Научный руководитель – проф. Олейников А.Н.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
(61166, Харьков, пр. Науки, 14, каф. ОПТ, тел. (057) 702 -14 -30)

This article describes the features of the parameters of acoustic reconnaissance devices with limited overall dimensions.

Акустическая разведка (АР) ведется с использованием узконаправленных микрофонов (УМ). К ним относятся: линейная группа микрофонов (ЛГМ), трубчатые микрофоны органного типа (МОТ), рефлекторные микрофоны (РМ). Основным параметром определяющим дальность разведывательного акустического контакта является индекс направленности (ИН) акустического приемника. Он зависит от апертуры узконаправленного микрофона (расстояние между крайними МКФ) и, при симметричной характеристике направленности (ХН), определяется по формуле:

$$Q = 10 \lg \left( \frac{2}{\int_0^\pi R(\theta)^2 \sin(\theta) d\theta} \right),$$

где  $R(\theta)$  – ХН микрофона (для различных типов УМ указана в таблице 1).

Оценочное значение ИН на частоте 2 кГц для разных апертур приведено в таблице 2.

Апертура УМ равна:  $L = (n - 1)d$ , где  $n$  – к-во микрофонов (трубок),  $d$  – расстояние между микрофонами.

При проведении АР существенным становится требованием минимизации геометрических размеров микрофонов (МКФ). Одним из факторов, ограничивающих габариты акустических средств разведки является удобство практического использования.

Количество МКФ при фиксированной апертуре определяет максимально применимую рабочую частоту и влияет на уровень боковых лепестков диаграммы направленности. С увеличением  $n$  уменьшается уровень боковых лепестков и наоборот.

Ограничение по максимальной рабочей частоте приема РМ не имеет, а для ЛГМ и трубчатого МОТ они следующие:

– трубчатый МОТ:  $F_{\max \text{МОТ}} \leq \frac{c}{2d}$ ;

– ЛГМ:  $F_{\max \text{ЛГМ}} \leq F_{\max \text{МОТ}} \cdot 1.5 \leq 1.5 \left( \frac{c}{2d} \right)$  [1].

Для апертуры  $L = 20$  см и  $n = 25$ , расстояние между МКФ составляет 0.83 см. Габариты электретных МКФ (около 1 см в диаметре) не позволяют применять их в столь малых средствах АР. Необходимо

использовать МКФ с технологией MEMS (Micro Electro Mechanical System), так как в этой технологии они представляют собой конденсаторы с габаритами в 1-3 мм, такие размеры позволяют вместить большее количество МКФ по сравнению с электретными при одинаковой апертуре.

При исследований зависимости ИН от частоты введено ограничение максимальной частоты до 5,6 кГц, так как в данной полосе частот содержится 95% энергии речевого сигнала [1]. Из таблицы 3 видно, что лучший показатель ИН на низких частотах у ЛГМ, а на высоких частотах - РМ. Для достижения наилучшего ИН во всем диапазоне рабочих частот, предлагается использовать составную систему из двух типов МКФ - РМ и ЛГМ. Такая система использует преимущества ЛГМ на низких частотах, а РМ на высоких.

Таблица 1 – Формулы ХН для УМ [1]

Тип микрофона	Формула ХН
Линейная группа микрофонов (ЛГМ)	$R(\theta) = \frac{\sin\left(\frac{n\pi d}{\lambda} \sin(\theta)\right)}{n \cdot \sin\left(\frac{\pi d}{\lambda} \sin(\theta)\right)}$
Трубчатый микрофон органного типа (МОТ)	$R(\theta) = \frac{\sin\left(\frac{n\pi d}{\lambda} (1 - \cos(\theta))\right)}{n \cdot \sin\left(\frac{\pi d}{\lambda} (1 - \cos(\theta))\right)}$
Рефлекторный микрофон (РМ)	$R(\theta) = \frac{2J_1(\psi)}{\psi}, \text{ где } \psi = \frac{2\pi}{\lambda} L \sin(\theta)$

Таблица 2 – Зависимость ИН от линейных размеров ( $n = 40, f = 2$  кГц)

Тип микрофона	ИН при $L = 20$ см	ИН при $L = 30$ см
ЛГМ	10.2 дБ	17.1 дБ
Трубчатый МОТ	15.7 дБ	15.8 дБ
РМ	11.5 дБ	12.3 дБ

Таблица 3 – ИН в дБ от частоты при  $L = 30, n = 20$

Тип микрофона	Частота, Гц							
	100	200	500	1000	2000	3000	4000	5600
ЛГМ	23.9	22.4	14.4	13.6	13.58	13.61	13.72	13.67
Трубчатый МОТ	15.3	13.7	13.3	13.2	13.05	13	12.99	13.1
РМ	-9.7	-4.1	0.3	5.6	12.3	15.1	17.9	20.2

Перечень ссылок: 1. Засоби та системи технічного захисту інформації: Навч. посібник для студентів ЗВО / І.Є. Антіпов, А.М. Оленіков, Ю.В. Ликов, В.Д. Кукуш, І.О. Милютченко. - Харків: ХНУРЕ, 2019. - 216 с.