

## О ВЫБОРЕ ЧАСТОТЫ ЗОНДИРУЮЩЕГО СИГНАЛА СОДАРА

Зубко А.О.

Научный руководитель – к.т.н., доц. Шейко С.А.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
(61166, Харьков, пр. Науки, 14, каф. МИРЭС, тел. (057) 702-15-87)

e-mail: d\_res@nure.ua

A method is developed for selecting the sodar frequency for an arbitrary spectrum of acoustic noise. From the acoustic location equation, a general expression for the signal-to-noise ratio is obtained. The strong influence of the noise power spectral decline factor on the optimum sodar frequency is revealed. This points to the particular importance of optimizing the frequency of sodar in areas with high noise pollution. The actual noise spectrum differs from that adopted as a model. In addition, the noise is non-stationary, which requires a periodic evaluation of its spectrum.

Содары (акустические локаторы) являются важными источниками информации о скорости, направлении ветра и степени турбулизованности воздушных масс на высотах до 1 км. Эту информацию используют для предсказания погоды, в службах управления воздушным движением, для мониторинга атмосферы у ветровых электростанций и т.д. [1–3]

Как правило, используют моностатические импульсные трёхлучевые содары с вертикальным лучом и двумя, отклонёнными от вертикали на 20...300 во взаимноперпендикулярных направлениях. Длительность излучаемого импульса  $\tau$  обычно лежит в интервале 30...300 мс, частоты зондирующих сигналов  $f$  от 1 до 5 кГц, электрическая мощность редко превышает 300 Вт.

Частота зондирующего сигнала является важным параметром содара. Известные энергетические оценки [1] указывают на сильную зависимость мощности принимаемого сигнала от частоты. В работе [1] получены выражения для оптимальных частот для определённой модели спектра акустических помех. На практике количество вариантов частотно-зависимых помех очень велико. Спектр шума зависит от конкретного вида его источника, ориентации этого источника по отношению к акустической антенне, расстоянию до него и т.д. Целью исследования является разработка методики выбора частоты зондирования при произвольном спектре акустических помех.

На первом этапе из уравнения акустической локации получено общее выражение для отношения сигнал-шум  $Q$ , в котором отделены зависящие и независящие от частоты множители:

$$Q(f) = \frac{P_{\text{изл}} \cdot V \cdot \tau}{4\pi R^4 c^2} \cdot \frac{S_{\text{эфф}}^2(f) \cdot L(f, R)^2 \cdot \sigma(f) \cdot f^2}{N(f)}. \quad (1)$$

От частоты  $f$  зависит эффективная площадь антенны  $S$ , функция  $L$  затухания акустических волн на пути распространения  $R$ , удельная эффек-

тивная площадь рассеяния  $\sigma$  и спектр шума  $N$ .

Определены наиболее вероятные модели этих частотно-зависимых множителей, и после подстановки получено общее выражение для отношения сигнал-шум:

$$Q(f) = C \cdot \frac{\exp(-2a \cdot f^2 \cdot R)}{f^{5-b}}, \quad (2)$$

где  $C$  – множитель, не зависящий от частоты:

$$C = 29,34 \cdot \frac{C_T^2 P_{изл} \cdot c^{\frac{8}{3}} \cdot \tau^2}{T^2 N_1 \varphi^2 R^2}. \quad (3)$$

Среди факторов, не зависящих от частоты, на отношение сигнал-шум эффективно влияют длительность зондирующего импульса  $\tau$  и ширина диаграммы направленности антенны  $\varphi$ , входящие в выражение (3) в квадрате.

Частотная зависимость отношения сигнал-шум (2) определяется тремя параметрами  $a, b$  и  $R$ :  $a$  определяет характер затухания акустических волн на пути распространения и зависит от параметров атмосферы (вязкости воздуха, температуры, давления),  $b$  – скорость спада спектральной плотности шума с ростом частоты,  $R$  – дальность.

Анализ графиков  $Q(f)$ , полученных для параметров стандартной атмосферы и при различных сочетаниях параметров  $a, b, R$ , показал, что Зависимость  $f_{onm}(R)$  наиболее сильно выражена на малых высотах зондирования, до 200...300 м, при меньшем значении параметра  $b$  и при больших значениях параметра  $a$ . В исследованном диапазоне изменения параметров  $a$  и  $b$  наименьшая оптимальная частота зондирования составляет  $f_{onm} \approx 800$  Гц для высоты  $R = 1000$  м и  $f_{onm} \approx 6$  кГц для высоты  $R = 50$  м.

С увеличением  $b$  существенно возрастают значения оптимальных частот. Сильное влияние показателя спада спектральной мощности шума  $b$  на  $f_{onm}$  указывает на особую важность оптимизации частоты зондирования в районах с высоким шумовым загрязнением. Реальный спектр шума отличается от принятого в качестве модели. Кроме того, шум нестационарный, что требует периодической оценки его спектра.

Список источников:

1. Красненко Н. П. Акустическое зондирование атмосферного пограничного слоя. Томск: Водолей, 2001. – 278 с. 2. Дистанционные методы и средства исследования процессов в атмосфере Земли / Под общ. ред. Б. Л. Кащеева, Е. Г. Прошкина, М. Ф. Лагутина. Х.: ХНУРЭ; Бизнес Информ, 2002. – 426 с.