

## ВИБІР ТИПУ АНТЕНИ ПОРТАТИВНОГО РАДІОЛОКАЦІЙНОГО ВИМІРЮВАЧА ТОВЩИНИ ЛЬОДУ

*Закора О.В., к.т.н., доц., НУЦЗ України*  
*Фещенко А.Б., к.т.н., доц., НУЦЗ України*  
*Борисова Л.В., к.ю.н., доц., НУЦЗ України*

Більшість водойм України у холодну пору року вкрита льодом і може складати небезпечну перепону при необхідності їх подолання. Мінімальне значення товщини льоду, при якому забезпечується безпечне подолання людиною та легким автотранспортом крижаних переправ, становить від 5 до 15 см. Визначення товщини льоду необхідне для пошуку переправ, побудови карт льодового покриву району надзвичайної ситуації (НС), для організації пошуково-рятувальних робіт та в інших аналогічних ситуаціях. Оперативне вирішення цих завдань можливе при використанні портативних радарів - радіолокаційних станцій підповерхневого зондування (РЛСПЗ), встановлених на автомобілях, безпілотних літальних апаратах (БПЛА) або виконаних у переносному варіанті [1]. Оскільки можливості оперативного застосування таких вимірювачів значною мірою визначаються властивостями і характеристиками антенних систем, що застосовано в пристроях, вибір малогабаритної антени портативного радіолокаційного вимірювача є актуальним завданням при розробці (виборі) і моделюванні ефективності функціонування РЛСПЗ.

Ринок антенних систем у наш час пропонує значну кількість вимірювальних антен вітчизняних та зарубіжних виробників, що відрізняються за своїм призначенням, діапазоном робочих частот, а також становлять широкий спектр конструктивних рішень. Зазвичай виробники технічної документації вказують конкретне призначення та технічні умови, вимогам яких відповідає та чи інша антена. Інтерес для фахівців представляє обирання найбільш ефективної антени для специфічної (щодо РЛСПЗ) галузі використання при мінімальній вартості.

Говорячи про ефективність вимірювальної антени, слід чітко позначити цілі та умови, в яких вона працюватиме. У разі вимірювання товщини льоду мобільним радіолокаційним вимірювачем зростає роль тактичних характеристик приладу (вага, габарити, вітровий опір та ін.). Обираючи діапазон антени необхідно враховувати, що особливістю портативних радарів є використання як зондувального сигналу коротких імпульсів без несучої частоти, що мають властивості широкосмугових сигналів. Спрямованість антени також може суттєво впливати на енергетичний потенціал РЛСПЗ. Підвищення коефіцієнту направленої дії антени дозволяє компенсувати втрати енергетичного потенціалу, спричинені збільшенням висоти вимірювань, обмеженням потужності передавача, що особливо важливо в умовах жорстких обмежень ваги РЛСПЗ при розміщенні на БПЛА. Особливістю даного випадку є також те, що антена повинна поєднувати у собі спрямовані властивості з максимально можливою широкосмуговістю.

З загальної теорії антен відомо, що ефективність антени перебуває у прямій залежності від її геометричних розмірів. Коефіцієнт підсилення  $G$ , разів, антени по відношенню до ізотропного (ненаправленого) випромінювача визначається за формулою:

$$G \approx \frac{4\pi S}{\lambda^2}, \quad (1)$$

де:  $S$  – еквівалентна площа антени,  $m^2$ ;  $\lambda=c/f$  – довжина хвилі сигналу, що приймається, м ( $c$  – швидкість поширення радіохвиль, м/с,  $f$  – частота сигналу, Гц).

Ширина головної пелюстки діаграми напрямленості антени (ДНА) пов'язана з лінійними розмірами наближеним співвідношенням:

$$\Delta\theta \approx \frac{50\lambda}{l}, \quad (2)$$

де:  $\Delta\theta$  – ширина головної пелюстки ДНА по рівню  $-3$ дБ, град;  $l$  – лінійний розмір еквівалентного майданчику у площині виміру ДНА.

Звідси випливає, наприклад, що для антени з шириною ДНА в горизонтальній площині  $60^\circ$  еквівалентний майданчик матиме розмір по горизонталі 0,25 м для частоти 1 ГГц, а для частоти 100 МГц - вже 2,5 м. Розміри антени обернено пропорційні частоті сигналу, що застосовується, і визначаються цією частотою.

Ще одним важливим фактором, що визначає ефективність антени, є коефіцієнт корисної дії, тому конструкція антени має всю енергію, що падає на її площу, з мінімальними втратами доставити до входу приймача-передавача, до якого її підключено. У таблиці 1 наведено характеристики деяких конструкцій антен, які відповідають вимогам, що пред'являються.

**Табл.1. Основні характеристики деяких ширококугових антен.**

Назва (конструкція)	Робочий діапазон	Коефіцієнт стоячої хвилі	Габаритні розміри	Коефіцієнт підсилення ДНА, дБі,
Антенна Вівальді "Антрад-10"	0,6-8 ГГц	2,5	325 x 200 x 1.5 мм	до 13
Вівальна антена	40-300 МГц	1,4-1,7		1,5 - 2
Ширококугуюва зигзагоподібна антена	вище 1 ГГц, 50-55% від $F_{cp}$	2		7, при ширині ДНА $70^\circ$ на $90^\circ$

Бачимо, що, наприклад, за коефіцієнтом підсилення істотною перевагою відрізняються антени, розроблені на основі конструкції Вівальді. У той же час такі параметри, як коефіцієнт корисної дії, вага та інші тактичні групи значною мірою визначаються матеріалами і технологіями, використовуваними виробником при їх виготовленні. Тому остаточне рішення про відповідність конструкції та характеристик антени вимогам, що висуваються, має прийматися за результатами натурних польових випробувань пропонуванних зразків.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Wang Wenpeng, Zhao Bo, Liu Xiaojun, Yu Jian, Fang Guangyou. High-resolution penetrating radar for ice thickness measurement. *14th International Conference on Ground Penetrating Radar*, 04-08 June 2012. DOI: 10.1109/ICGPR.2012.6254844