

## УЛЬТРАЗВУКОВЕ КАНАЛЬНЕ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ТА ШВИДКОСТІ ПОТОКУ ПОВІТРЯ

Борейко О.О., Мельниченко Я.Є.

Науковий керівник – к.т.н., проф. Коритцев І.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки (61166, Харків пр.

Науки, 14, каф. МІРЕС, тел. (057) 702-15-87)

e-mail: d\_res@nure.ua

This work is devoted to the ultrasonic probe application in measuring a temperature and velocity of air flows inside channels. The pulse and continuous probe techniques are considered. The final expressions are received for the needed parameters estimation. The temperature is defined by a time delay necessary for a probing pulse to cover the doubled distance between channel walls. Definition of the air flow velocity is based on the Doppler frequency shift of the received oscillations.

Для вимірювання температури пропонується застосування імпульсного локаційного методу, а для вимірювання швидкості повітря – неперервного локаційного методу з використанням інформації о швидкості ультразвуку (УЗ) у каналі, отриманої імпульсним методом при визначенні температури.

Оскільки шлях УЗ в основному пролягає у внутрішньому повітрі каналу, де він отримує сильне ослаблення, що пропорційне квадрату частоти УЗ випромінювання, то бажано використовувати нижні частоти 20...40 кГц. На цих частотах діаграми спрямованості електроакустичних перетворювачів значно розширені, тому для вимірювань слід використовувати неенергетичні параметри сигналів, а для організації бістатичного прийому не має потреби випромінювати УЗ під кутом к каналу. Пояснення дії вимірювача надається на рис.1.

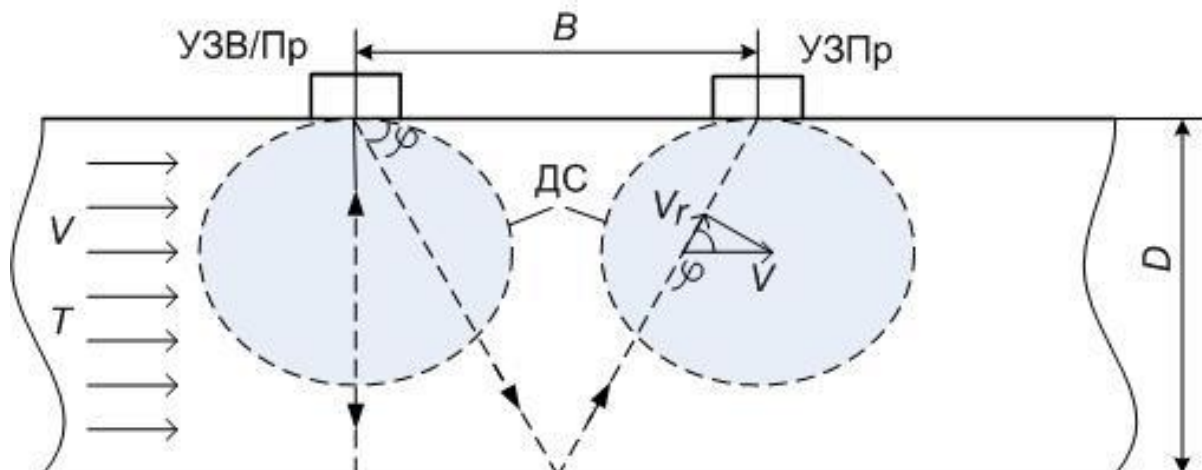


Рисунок 1 – Принцип дії вимірювача.

( $V$ ,  $T$  – швидкість повітря та температура в каналі;  $DC$  – діаграми спрямованості ультразвукових перетворювачів;  $D$  – розмір каналу;  $B$  – база бістатичного прийому).

Для вимірювання температури здійснюється на базі імпульсного локаційного методу, коли ультразвуковий випромінювач/приймач (УЗВ/П<sub>р</sub>) випромінює імпульс з УЗ наповненням, частотою  $f_0$ , поперек каналу та приймає відбитий сигнал від протилежної стінки каналу (рис.1). Вимірюється час затримки відбитого сигналу  $t$  відносно началу випромінювання імпульсу і розраховується швидкість ультразвуку у каналі  $C_{кТ}$ , що обумовлена температурою

$$C_{кТ} = 2D/t, \quad (1)$$

де  $D$  – відстань до протилежної стінки каналу.

Температура визначається за даними введеної метрологічної таблиці, що зберігається у пам'яті пристрою, наприклад, швидкості  $C_{кТ} = 343,216$  м/с відповідає  $T = 20^\circ\text{C}$ , або розраховується за наближеною формулою.

Для вимірювання швидкості використовується бістатичний прийом, коли УЗВ/П<sub>р</sub> переводиться в режим неперервного випромінювання з частотою  $f_0$ , частина якого відбивається від стінки каналу та поступає на ультразвуковий приймач (УЗП<sub>р</sub>), який знаходиться на відстані  $B$  від УЗВ/П<sub>р</sub> (рис.1). Обумовлена температурою швидкість УЗ  $C_{кТ}$ , яка була визначена при імпульсному зондуванні каналу (1), змінюється із-за впливу радіального компонента швидкості повітря  $V_r$ , і вираз для швидкості УЗ в каналі після відбиття стінкою каналу ( $C_k$ ) приймає вид

$$C_k = C_{кТ} \pm 2V \cos \varphi, \quad (2)$$

де  $V$  – швидкість повітря в каналі; (+) – відповідає випромінюванню УЗ за течією повітря в каналі, а (-) – супротив течії;  $\varphi$  – кут відхилення УЗ променя від поверхні каналу

$$\varphi = \arctg(2D/B).$$

Після ділення рівняння (2) на рівняння довжини УЗ хвилі  $\lambda_k$  в каналі  $\lambda_k = C_{кТ}/f_0$ , отримуємо вираз для розрахунку швидкості повітря в каналі

$$V = \pm \frac{(f_{пр} - f_0)C_{кТ}}{2f_0 \cos \varphi}, \quad (3)$$

де  $(f_{пр} - f_0)$  – доплерівський зсув частоти  $f_{пр}$  сигналу, що приймається УЗП<sub>р</sub> та перетворюється в електричний сигнал.

Частота  $f_{пр}$  оцінюється по спектру сигналу на виході приймача методом швидкого перетворення Фур'є у мікропроцесорному блоці.