

Винахід відноситься до вимірювальної техніки і призначений для вимірювання швидкості та напрямку потоку рідини або газу. Він може бути використаний для вимірювання швидкості та напрямку вітру, течії в морі.

Відомі акустичні способи вимірювання швидкості та напрямку потоку рідини або газу і пристрої, що їх реалізують, засновані на використанні декількох пар рознесених в просторі на вимірювальних базах випромінювачів-приймачів акустичних сигналів, організації зустрічного проходження акустичних сигналів по вимірювальних базах, визначенні швидкості звуку в середовищі й складових проекції вектора швидкості потоку на вимірювальні бази по різниці часів проходження акустичних сигналів в різних напрямках [1-4].

Точність цих засобів вимірювання обмежена впливом на результат вимірювання часової затримки сигналів в передавальних і приймальних трактах, включаючи затримки в акустичних перетворювачах, які істотно залежать від температури та тиску, і змінюються з часом. Крім того, в результат вимірювання входить швидкість звуку в середовищі, яку визначають з обмеженою точністю через ті ж затримки сигналів в приймально-передавальних трактах.

Відомий пристрій для вимірювання швидкості течії, в якому для підвищення точності шляхом незалежного непрямого вимірювання швидкості звуку і внесення поправок на часи затримок акустичних сигналів в приймально-передавальних трактах по градувальних залежностях затримок від температури та тиску, використовують як вимірники інтервалів часу передачі акустичних сигналів, так і вимірники відносної електричної провідності, температури й гідростатичного тиску [5].

Цей пристрій і лежачий в основі його роботи акустичний спосіб вимірювання швидкості течії прийняті як прототипи для кожного з винаходів, що входять до заявленої групи. Вибір прототипу визначений тим, що заявлене технічне рішення та засіб того ж призначення [5] вирішують одну і ту ж задачу. При цьому прототип є найбільш близьким до заявленого винаходу по технічній суті та сукупності ознак, оскільки містить ознаки, що в більшій мірі в порівнянні з іншими впливають на досягнення технічного результату, очікуваного від використання винаходу.

Для заявленого способу загальним з прототипом є: використання рознесених в просторі акустичних випромінювачів-приймачів, випромінювання та приймання акустичних сигналів, фіксація часів проходження сигналів на акустичних трасах і обчислення швидкості потоку в заданій системі координат.

Пристрій-прототип, як і заявлене рішення, містить акустичні випромінювачі-приймачі, розміщені в просторі, підсилювачі на приймання, перетворювачі часових інтервалів в код, генератор опорної частоти та мікропроцесор, зв'язані між собою.

Недоліком прототипу є те, що він не забезпечує необхідної точності вимірювання. При цьому таке технічне рішення складне й вимагає складного періодичного градування.

У основу винаходу поставлена задача створення акустичного способу вимірювання швидкості та напрямку потоку рідини або газу, а також пристрою для його здійснення, які забезпечують виключення з результату вимірювання швидкості звуку й швидкості потоку часових затримок в приймально-передавальних трактах на акустичних трасах. Вказаний технічний результат підвищує точність вимірювань.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі з використанням рознесених в просторі акустичних випромінювачів-приймачів, що включає випромінювання та приймання акустичних сигналів, фіксацію часів проходження сигналів на акустичних трасах й обчислення швидкості звуку і складових вектора швидкості потоку в заданій системі координат, згідно з винаходом акустичні випромінювачі-приймачі розміщують по одному у вершинах неправильного чотирикутника, лежачого в площині потоку, таким чином, щоб в діаграмі спрямованості кожного з них знаходилися три інші. Кожним випромінювачем опромінюють одночасно три приймачі, фіксують дванадцять часів проходження сигналами акустичних трас, що включають пари приймально-передавальних трактів і вимірювальні бази в потоці між випромінювачем і приймачем, обчислюють кут  $\varphi$  між напрямом вектора швидкості потоку та віссю абсцис в приладній системі координат, швидкість звуку в середовищі  $C$  і модуль вектора швидкості потоку  $v$  по виразах:

$$\varphi = \arctg \frac{A_1 - pA_2}{pB_2 - B_1},$$

$$C = \frac{2(L_{12} - L_{14} - L_{23} + L_{34})}{T_1 + T_3},$$

$$v = \frac{v_1 + v_2}{2},$$

де

$$v_1 = \frac{(T_1 - T_3)C^2}{2(A_1 \cos \varphi + B_1 \sin \varphi)},$$

$$v_2 = \frac{(T_2 - T_4)C^2}{2(A_2 \cos \varphi + B_2 \sin \varphi)}$$

$$A_1 = L_{12} + L_{14} \cos \alpha_{14} - L_{23} \cos \alpha_{23} - L_{34} \cos \alpha_{34};$$

$$B_1 = L_{14} \sin \alpha_{14} - L_{23} \sin \alpha_{23} - L_{34} \sin \alpha_{34};$$

$$A_2 = -L_{12} + L_{13} \cos \alpha_{13} - L_{24} \cos \alpha_{24} + L_{34} \cos \alpha_{34};$$

$$B_2 = L_{13} \sin \alpha_{13} - L_{24} \sin \alpha_{24} + L_{34} \sin \alpha_{34};$$

$$T_1 = \tau_{12} - \tau_{14} - \tau_{32} + \tau_{34};$$

$$T_2 = \tau_{12} - \tau_{13} - \tau_{42} + \tau_{43};$$

$$T_3 = \tau_{21} - \tau_{23} - \tau_{41} + \tau_{43};$$

$$T_4 = \tau_{21} - \tau_{24} - \tau_{31} + \tau_{34};$$

$$p = \frac{T_1 - T_3}{T_2 - T_4};$$

де  $\tau_{ij}$  - час проходження сигналу по трасі і-го випромінювача та j-го приймача,  $i = \overline{1,4}$ ;  $j = \overline{1,4}$ ;

$\alpha_{ij}$  - кут між напрямом траси від і-го випромінювача до j-го приймача і віссю абсцис, збіжною у напрямі з 12-ою трасою;

$L_{ij}$  - довжина вимірювальної бази ij - траси в середовищі.

Згідно з першим варіантом в пристрої для акустичного вимірювання швидкості та напрямку потоку рідини і газу, що містить розміщені в просторі акустичні випромінювачі-приймачі, виходи яких через підсилювачі на приймання сполучені зі ступовими входами перетворювачів часових інтервалів в код, у яких входи сигналів опорної частоти сполучені з виходом генератора опорної частоти, а цифрові виходи сполучені з входом мікропроцесора, вихід якого є виходом пристрою, новим є те, що акустичні випромінювачі-приймачі по одному розміщені у вершинах неправильного плоского чотирикутника таким чином, щоб в діаграмі спрямованості кожного з них знаходилися три інші, й він містить генератор імпульсних сигналів, вихід якого підключений до стартових входів всіх перетворювачів часових інтервалів в код і до входу комутатора, у якого виходи підключені до входів акустичних випромінювачів-приймачів, а адресний вхід підключений до одного з виходів мікропроцесора.

Згідно з другим варіантом в пристрої для акустичного вимірювання швидкості та напрямку потоку рідини або газу, що містить розміщені в просторі акустичні випромінювачі-приймачі, виходи яких сполучені з підсилювачами на приймання, і мікропроцесор, вихід якого є виходом пристрою, новим є те, що акустичні випромінювачі-приймачі по одному розміщені у вершинах неправильного плоского чотирикутника таким чином, щоб в діаграмі спрямованості кожного з них знаходилися три інші, й він містить чотирирозрядний регістр на приймання, у якого одиничні входи розрядів підключені до виходів підсилювачів на приймання, а вихід підключений до входу мікропроцесора, один з виходів якого підключений до входу чотирирозрядного регістра на випромінювання, одиничні входи розрядів якого через підсилювачі на випромінювання сполучені з входами акустичних випромінювачів-приймачів.

На Фіг.1 показана зразкова схема розміщення акустичних випромінювачів-приймачів у вершинах неправильного чотирикутника в площині потоку та схема акустичних трас. На Фіг.2 зображена схема формування проєкцій вектора швидкості на напрями акустичних трас.

Суть способу складається в наступному.

Чотири акустичні випромінювачі-приймачі розміщують у вершинах неправильного чотирикутника, наприклад,

так, як це показане на Фіг.1. Відстані між вершинами утворюють шість баз, які попарно не рівні ( $L_{ij} \neq L_{sk}$ ).

Випромінювач-приймач містить або один оборотний акустичний перетворювач або два: один на передачу, другий на приймання.

Кожний випромінювач має діаграму спрямованості, в якій знаходяться три приймачі.

Кожний і-ий випромінювач посилає імпульсно-модульований сигнал на три приймачі, і фіксуються часи  $\tau_{ij}$  у проходження сигналу по трасах від і-го випромінювача до j-го приймача, що включають часи затримок в приймально-передавальних трактах: у випромінювачі -  $\tau_{ui}$ , в приймачі -  $\tau_{nj}$ .

Для часів проходження сигналами дванадцяти акустичних трас, що фіксуються, можемо записати

$$\begin{aligned} \tau_{12} &= \tau_{u1} + \tau_{n2} + \frac{L_{12}}{C + v_{12}}, & \tau_{13} &= \tau_{u1} + \tau_{n3} + \frac{L_{13}}{C + v_{13}}, \\ \tau_{14} &= \tau_{u1} + \tau_{n4} + \frac{L_{14}}{C + v_{14}}, & \tau_{21} &= \tau_{u2} + \tau_{n1} + \frac{L_{12}}{C - v_{14}}, \\ \tau_{23} &= \tau_{u2} + \tau_{n3} + \frac{L_{23}}{C + v_{23}}, & \tau_{24} &= \tau_{u2} + \tau_{n4} + \frac{L_{24}}{C + v_{24}}, \\ \tau_{31} &= \tau_{u3} + \tau_{n1} + \frac{L_{13}}{C - v_{13}}, & \tau_{32} &= \tau_{u3} + \tau_{n2} + \frac{L_{23}}{C - v_{23}}, \\ \tau_{34} &= \tau_{u3} + \tau_{n4} + \frac{L_{34}}{C + v_{34}}, & \tau_{41} &= \tau_{u4} + \tau_{n1} + \frac{L_{14}}{C - v_{14}}, \\ \tau_{42} &= \tau_{u4} + \tau_{n2} + \frac{L_{24}}{C - v_{24}}, & \tau_{43} &= \tau_{u4} + \tau_{n3} + \frac{L_{34}}{C - v_{34}}, \end{aligned} \quad (1)$$

де  $\tau_{u1}, \tau_{u2}, \tau_{u3}, \tau_{u4}$  - затримки випромінювачів,

$\tau_{n1}, \tau_{n2}, \tau_{n3}, \tau_{n4}$  - затримки приймачів,

C - швидкість звуку в середовищі,

$v_{ij}$  - проєкції вектора швидкості потоку на напрям ij - й траси,  $i = \overline{1,4}$ ;  $j = \overline{1,4}$ .

Для виключення затримок в приймально-передавальних трактах проводимо наступне складання та віднімання рівнянь системи (1)

$$\begin{aligned} T_1 &= \tau_{14} - \tau_{12} + \tau_{32} - \tau_{34} = \frac{L_{14}}{C + v_{14}} - \frac{L_{12}}{C + v_{12}} + \frac{L_{23}}{C - v_{23}} - \frac{L_{34}}{C + v_{34}}, \\ T_2 &= \tau_{12} - \tau_{21} - \tau_{42} + \tau_{43} = \frac{L_{12}}{C + v_{12}} - \frac{L_{13}}{C + v_{13}} - \frac{L_{24}}{C - v_{24}} + \frac{L_{34}}{C - v_{34}}, \\ T_3 &= \tau_{23} - \tau_{21} + \tau_{41} - \tau_{43} = \frac{L_{23}}{C + v_{23}} - \frac{L_{12}}{C - v_{12}} + \frac{L_{14}}{C - v_{14}} - \frac{L_{34}}{C - v_{34}}, \\ T_4 &= \tau_{21} - \tau_{24} - \tau_{31} + \tau_{34} = \frac{L_{12}}{C - v_{12}} - \frac{L_{24}}{C + v_{24}} - \frac{L_{13}}{C - v_{13}} + \frac{L_{34}}{C + v_{34}}. \end{aligned} \quad (2)$$

Для визначення швидкості звуку в середовищі проведемо наступні перетворення:

$$\begin{aligned} T_1 + T_3 &= \left( \frac{L_{23}}{C - v_{23}} + \frac{L_{23}}{C + v_{23}} \right) - \left( \frac{L_{12}}{C + v_{12}} + \frac{L_{12}}{C - v_{12}} \right) + \left( \frac{L_{14}}{C + v_{14}} + \frac{L_{14}}{C - v_{14}} \right) - \left( \frac{L_{34}}{C - v_{34}} + \frac{L_{34}}{C + v_{34}} \right), \\ T_1 + T_3 &= \frac{2L_{23}C}{C^2 - v_{23}^2} - \frac{2L_{12}C}{C^2 - v_{12}^2} + \frac{2L_{14}C}{C^2 - v_{14}^2} - \frac{2L_{34}C}{C^2 - v_{34}^2}. \end{aligned}$$

Оскільки  $C^2 \gg v_{ij}^2$ , то  $v_{ij}^2$  в останньому виразі можна нехтувати і записати

$$\begin{aligned} T_1 + T_3 &\approx \frac{2}{C} (L_{23} - L_{12} + L_{14} - L_{34}), \text{ звідки} \\ C &\approx \frac{2(L_{23} - L_{12} + L_{14} - L_{34})}{T_1 + T_3} \end{aligned} \quad (3)$$

Далі виразимо проекції  $v_{ij}$  на напрям акустичних трас вектора швидкості потоку, заданого в полярній системі координат модулем  $v$  і кутом  $\varphi$ .

Прийmemo, що напрям траси 12 відповідає  $\varphi = 0$ .

Виходячи з схеми векторів на Фіг.2, для проекцій  $v_{ij}$  отримаємо

$$\begin{aligned} v_{12} &= v \cos \varphi, \\ v_{13} &= v \cos(\alpha_{13} - \varphi) = v(\cos \alpha_{13} \cos \varphi + \sin \alpha_{13} \sin \varphi), \\ v_{14} &= v \cos(\alpha_{14} - \varphi) = v(\cos \alpha_{14} \cos \varphi + \sin \alpha_{14} \sin \varphi), \\ v_{23} &= v \cos(\alpha_{23} - \varphi) = v(\cos \alpha_{23} \cos \varphi + \sin \alpha_{23} \sin \varphi), \\ v_{24} &= v \cos(\alpha_{24} - \varphi) = v(\cos \alpha_{24} \cos \varphi + \sin \alpha_{24} \sin \varphi), \\ v_{34} &= v \cos(\alpha_{34} - \varphi) = v(\cos \alpha_{34} \cos \varphi + \sin \alpha_{34} \sin \varphi). \end{aligned} \quad (4)$$

З виразів 2 отримаємо

$$\begin{aligned} \frac{(T_1 - T_3)C^2}{2} &= L_{12}v_{12} + L_{14}v_{14} - L_{23}v_{23} - L_{34}v_{34}, \\ \frac{(T_2 - T_4)C^2}{2} &= L_{13}v_{13} - L_{12}v_{12} - L_{24}v_{24} + L_{34}v_{34}. \end{aligned} \quad (5)$$

Підставляючи вираз  $v_{ij}$  з системи рівнянь 4 в рівняння 5, отримаємо

$$\begin{aligned} \frac{(T_1 - T_3)C^2}{2} &= L_{12}v \cos \varphi + L_{14}v(\cos \alpha_{14} \cos \varphi + \sin \alpha_{14} \sin \varphi) - \\ &- L_{23}v(\cos \alpha_{23} \cos \varphi + \sin \alpha_{23} \sin \varphi) - L_{34}v(\cos \alpha_{34} \cos \varphi + \sin \alpha_{34} \sin \varphi) = \\ &= v[\cos \varphi(L_{12} + L_{14} \cos \alpha_{14} - L_{23} \cos \alpha_{23} - L_{34} \cos \alpha_{34}) + \sin \varphi(L_{14} \sin \alpha_{14} - \\ &- L_{23} \sin \alpha_{23} - L_{34} \sin \alpha_{34})] \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \frac{(T_2 - T_4)C^2}{2} &= -L_{12}v \cos \varphi + L_{13}v(\cos \alpha_{13} \cos \varphi + \sin \alpha_{13} \sin \varphi) - \\ &- L_{24}v(\cos \alpha_{24} \cos \varphi + \sin \alpha_{24} \sin \varphi) + L_{34}v(\cos \alpha_{34} \cos \varphi + \sin \alpha_{34} \sin \varphi) = \\ &= v[\cos \varphi(-L_{12} + L_{13} \cos \alpha_{13} - L_{24} \cos \alpha_{24} + L_{34} \cos \alpha_{34}) + \sin \varphi(L_{13} \sin \alpha_{13} - \\ &- L_{24} \sin \alpha_{24} - L_{34} \sin \alpha_{34})] \end{aligned} \quad (7)$$

Суми в круглих дужках виразів 6 і 7 є конструктивними константами, які визначимо

$$\begin{aligned} A_1 &= L_{12} + L_{14} \cos \alpha_{14} - L_{23} \cos \alpha_{23} - L_{34} \cos \alpha_{34}, \\ B_1 &= L_{14} \sin \alpha_{14} - L_{23} \sin \alpha_{23} - L_{34} \sin \alpha_{34}, \\ A_2 &= -L_{12} + L_{13} \cos \alpha_{13} - L_{24} \cos \alpha_{24} + L_{34} \cos \alpha_{34}, \\ B_2 &= L_{13} \sin \alpha_{13} - L_{24} \sin \alpha_{24} + L_{34} \sin \alpha_{34}. \end{aligned} \quad (8)$$

Вирази 6 і 7 приводяться до вигляду

$$\frac{(T_1 - T_3)C^2}{2} = v(A_1 \cos \varphi - B_1 \sin \varphi) \quad (9)$$

$$\frac{(T_2 - T_4)C^2}{2} = v(A_2 \cos \varphi - B_2 \sin \varphi) \quad (10)$$

Введемо позначення

$$\frac{T_1 - T_3}{T_2 - T_4} = \frac{A_1 \cos \varphi + B_1 \sin \varphi}{A_2 \cos \varphi + B_2 \sin \varphi} = p \quad (11)$$

Проведемо перетворення

$$A_1 \cos \varphi - pA_2 \cos \varphi = pB_2 \sin \varphi - B_1 \sin \varphi,$$

$$(A_1 - pA_2) \cos \varphi = (pB_2 - B_1) \sin \varphi,$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{A_1 - pA_2}{pB_2 - B_1},$$

остаточно отримаємо

$$\varphi = \arctg \frac{A_1 - pA_2}{pB_2 - B_1} \quad (12)$$

Знаючи  $C$  з виразу 3 і  $\varphi$  з виразу 12, визначаємо швидкість потоку по виразу 9

$$v_1 = \frac{(T_1 - T_3)C^2}{2(A_1 \cos \varphi + B_1 \sin \varphi)} \quad (13)$$

і (або) по виразу 10

$$v_2 = \frac{(T_2 - T_4)C^2}{2(A_2 \cos \varphi + B_2 \sin \varphi)} \quad (14)$$

Доцільно за кінцевий результат прийняти середню величину

$$\bar{v} = \frac{v_1 + v_2}{2} \quad (15)$$

Таким чином, викладений акустичний спосіб вимірювання швидкості потоку рідин і газів забезпечує незалежність результату вимірювання від затримок сигналів в трактах випромінювання та приймання, що підвищує точність вимірювань і (або) дозволяє зменшити розміри вимірювальних баз.

Можливі різні варіанти реалізації способу.

На Фіг.3 зображена структурна схема першого варіанта вимірника швидкості та напрямку потоку з імпульсними акустичними сигналами і паралельними каналами перетворення часових інтервалів в код. На Фіг.4 зображена структурна схема другого варіанта вимірника швидкості та напрямку потоку з імпульсними акустичними сигналами і перетворювачем часових інтервалів на базі мікропроцесора.

Перший варіант пристрою містить блок з чотирьох акустичних перетворювачів (випромінювачів-приймачів) 1 (БАП), комутатор 2 (К), генератор імпульсних сигналів 3 (ГІС), блок підсилювачів на приймання 4 (БП), генератор опорної частоти 5 (ГОЧ), блок перетворювачів часових інтервалів в код 6 (БПЧК) і мікропроцесор 7 (МП).

Блок 1 складається з чотирьох акустичних перетворювачів, розміщених у вершинах неправильного чотирикутника на площині, блок 4 складається з чотирьох паралельних підсилювачів на приймання, блок 6 складається з чотирьох паралельних перетворювачів часових інтервалів в код.

Електричні входи акустичних перетворювачів блока 1 сполучені з виходами комутатора 2, на вхід якого поданий вихід генератора імпульсних сигналів 3 і адреса - вхід якого сполучений з виходом мікропроцесора 7.

Вихід генератора опорної частоти 5 поданий на входи опорної частоти перетворювачів часових інтервалів в код блока 6.

Електричні входи акустичних перетворювачів подані на підсилювачі імпульсних сигналів блока 4, виходи яких сполучені з входами стопових сигналів перетворювачів часових інтервалів в код блока 6, входи стартових сигналів яких сполучені з виходом генератора імпульсних сигналів 3.

Виводи перетворювачів блока 6 подані на цифрові входи мікропроцесора 7.

Блок акустичних перетворювачів 1 характеризується конструктивними параметрами  $A_1$ ,  $B_1$ ,  $A_2$ ,  $B_2$ , які з геометричних розмірів схеми розташування перетворювачів обчислюються по формулах 8.

Пристрій працює таким чином. Генератор імпульсних сигналів 3 виробляє сигнал запуску акустичного перетворювача, який комутатором 2 по команді мікропроцесора 7 адресується і-ому акустичному перетворювачу, що випромінює акустичний сигнал в потоці в напрямі трьох інших акустичних перетворювачів. Одночасно цей сигнал є стартовим для всіх перетворювачів часових інтервалів в код блока 6.

Сигнал запуску проходить передавальний тракт і-го випромінювача за час  $\tau_{ui}$ , базову відстань в потоці за

час  $\frac{L_{ij}}{C \pm v_{ij}}$ , приймальний тракт j-го приймача та підсилювач за час  $\tau_{nj}$  і як столовий сигнал поступає на входи

перетворювачів часових інтервалів  $\tau_{ij}$  в код. У кожному такті акустичний сигнал сприймається трьома акустичними перетворювачами, проходить три канали посилення на три перетворювачі час-код.

Код часових інтервалів  $\tau_{ij}$  поступає на мікропроцесор.

Цикл вимірювання містить чотири такти і дає 12 відліків  $\tau_{ij}$ ,  $i = \overline{1,4}$ ;  $j = \overline{1,4}$ ; при  $i \neq j$ , відповідних системі рівнянь 1.

Далі кут  $\varphi$  між напрямом швидкості потоку і променем від акустичного перетворювача 1<sub>1</sub> до акустичного перетворювача 1<sub>2</sub> визначається мікропроцесором по виразу 12, з використанням виразів 2, 4, 11.

Швидкість потоку визначається по виразу 15 з використанням виразів 2, 3, 13 і 15.

Другий варіант пристрою, що реалізовує акустичний спосіб вимірювання швидкості та напрямку потоку, структурна схема якого зображена на Фіг.4, доцільний при використанні високопродуктивного мікропроцесора, здатного виконати функції перетворення часових інтервалів в код і необхідні обчислювальні операції.

У склад пристрою входять блок акустичних перетворювачів 1 (БАП), блок підсилювачів випромінювачів 2

(БПВ), блок підсилювачів приймачів 3 (БПП), регістр випромінювання 4 (РВ), регістр приймання 5 (РП) і мікропроцесор 6 (МП).

Регістр випромінювання 4 має чотири розряди, кожний розряд по виходу сполучений з входом одного з підсилювачів випромінювачів 2.

Регістр випромінювання 4 призначений для селекції одного з чотирьох акустичних перетворювачів на передачу появою сигналу «1» у відповідному розряді регістра.

Регістр приймання 5 служить для фіксації приходу сигналу у відповідному каналі установкою сигналу «1» у відповідному розряді.

Відрізок часу між появою «1» в  $i$ -ому розряді РВ і появою «1» в  $j$ -ому розряді РП відповідає значенню, що фіксується  $\tau_{ij}$ .

Пристрій працює таким чином. У кожному такті мікропроцесор встановлює на РВ код зі значенням «1» в  $i$ -ому розряді. При цьому  $i$ -ий акустичний перетворювач посилає імпульсний сигнал на три інші акустичні перетворювачі.

Прийняті ними сигнали через підсилювачі БПП в різний час поступають на входи  $j$ -их розрядів ( $j = \overline{1,4}$ ,  $i \neq j$ ) РП і встановлюють в них значення «1».

Мікропроцесор 6 перетворює в код і фіксує часові інтервали  $\tau_{ij}$ . Ці значення далі використовуються для обчислення швидкості звуку, напрямку та швидкості течії аналогічно вищевикладеному.

Джерела інформації:

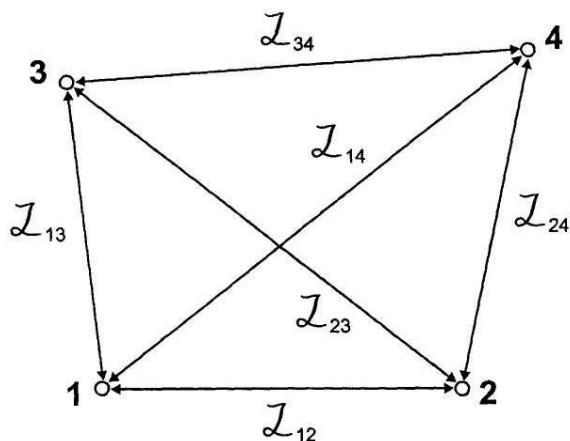
1. Авторське свідоцтво СРСР №690392 кл. G01P5/08, опубліков. 05.10.79 Бюл. №37. Акустичний вимірник швидкості течії. Автори: В.М. Кушнір, Ю.М. Колтаков.

2. Принципи побудови технічних засобів дослідження океану. М.: Наука, 1981, 324 с., С.29-31.

3. Сучасні методи і засоби вимірювання гідрологічних параметрів океану / Парамонов А.М., Кушнір В.М., Забурдаєв В.І. Київ: Наукова думка, 1979., 248с, С.139.

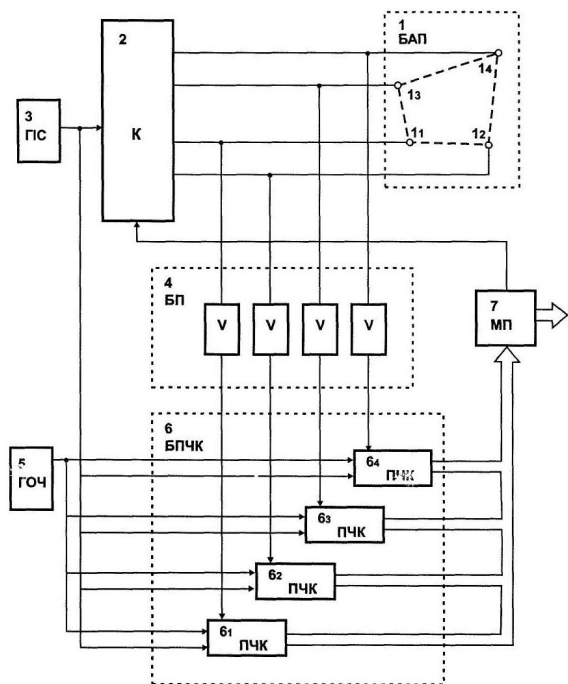
4. Акустичний вимірник швидкості та напрямку вітру Wind Sonic SDY-12 фірми Gill Instruments, проспект 144 фірми Gill Instruments, International Environmental Technology, vol 13 Issue 5, September/October 2003, P.43.

5. Авторське свідоцтво СРСР №1136081, кл. G01P5/00. Пристрій для вимірювання швидкості течії. Кушнір В.М. Опубл. 23.01.85 Бюл. №3 (прототип).

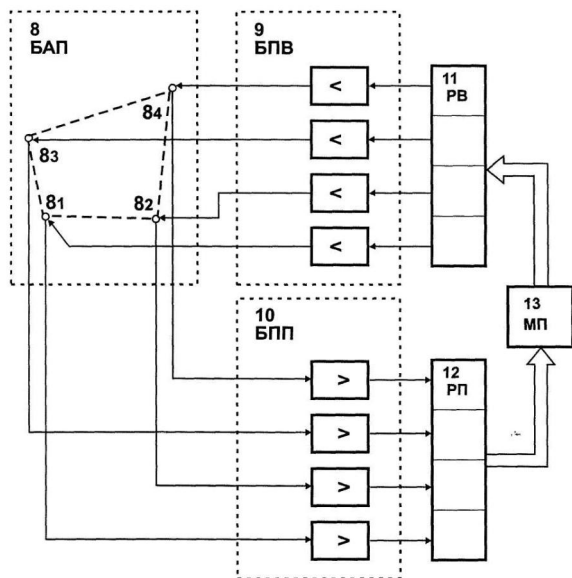


Фиг. 1





Фиг. 3



Фиг. 4