



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **106684** (13) **C2**  
(51) МПК (2014.01)  
**G01S 15/00**  
**G01V 1/38** (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД**

<b>(21)</b> Номер заявки: <b>а 2013 05717</b>	<b>(72)</b> Винахідник(и): <b>Гончар Анатолій Іванович (UA),</b> <b>Голод Олег Саулович (RU),</b> <b>Клочан Юрій Анатолійович (UA),</b> <b>Клочан Валентина Іванівна (UA),</b> <b>Федосєєнков Сергій Геннадійович (UA),</b> <b>Шличек Любов Іванівна (UA)</b>
<b>(22)</b> Дата подання заявки: <b>30.04.2013</b>	
<b>(24)</b> Дата, з якої є чинними права на винахід: <b>25.09.2014</b>	
<b>(41)</b> Публікація відомостей про заявку: <b>25.09.2013, Бюл.№ 18</b>	<b>(73)</b> Власник(и): <b>НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЦЕНТР</b> <b>ПАНОРАМНИХ АКУСТИЧНИХ СИСТЕМ</b> <b>НАН УКРАЇНИ,</b> вул. Чубанова, 1, м. Запоріжжя, 69600 (UA)
<b>(46)</b> Публікація відомостей про видачу патенту: <b>25.09.2014, Бюл.№ 18</b>	<b>(56)</b> Перелік документів, взятих до уваги експертизою: UA 88750 C2, 10.11.2009 RU 2271551 C2, 10.03.2006 RU 2039366 C1, 09.07.1995 RU 2097785 C1, 27.11.1997 RU 2205421 C1, 27.05.2003 GB 1194282 A, 10.06.1970 US 5414675, 09.05.1995 JPH 0387681 A, 12.04.1991

**(54) ГІДРОЛОКАТОР ДЛЯ ПОШУКУ ПРІСНОВОДНИХ ДЖЕРЕЛ В МОРІ****(57) Реферат:**

Винахід належить до гідроакустики і може використовуватись для дистанційного моніторингу водних просторів з метою пошуку прісноводних джерел в морі. Гідролокатор містить передавальну антену, передавальний тракт, перший подільник частоти, генератор тактових імпульсів, першу приймальну антену і пристрій відображення інформації. Згідно з винаходом, у нього введені: перший підсилювач-обмежувач, перший фазовий детектор, селектор стрибків напруги, аналого-цифровий перетворювач, реверсивний лічильник, обчислювач, друга приймальна антена, другий підсилювач-обмежувач, фіксатор нулів, другий подільник частоти, генератор із зовнішнім керуванням фази сигналів, другий фазовий детектор, фазообертач  $\pi/2$ , третій фазовий детектор і пороговий пристрій. Винахід забезпечує підвищення розрізняльної здатності оцінки границь солоності води з вертикальним профілем гідролокатора за рахунок забезпечення можливості оцінки розсіюючих властивостей дна.

**UA 106684 C2**

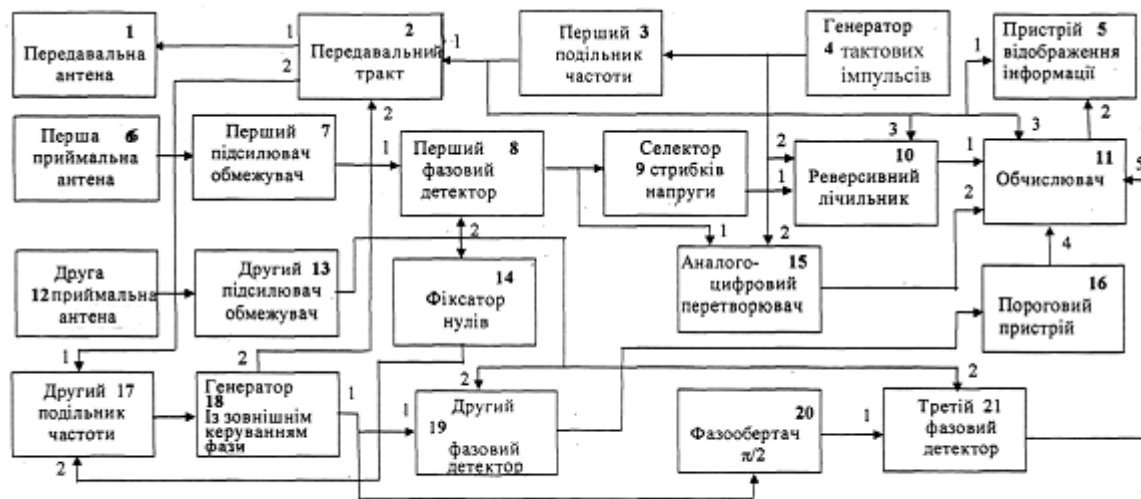


Fig. 3

Винахід належить до області гідроакустики і може використовуватись для дистанційного моніторингу водних просторів з метою пошуку прісноводних джерел в морі.

Відомі пристрої для визначення прісноводних джерел в морі (А.П. Евтюхов, А.Е. Колесников, Е.А. Корепин и др. "Справочник по гидроакустике" Л.Судостроение, 1988 с. 54...57), які

призначені для вимірювання фізико-хімічних властивостей води в океані з надводних кораблів,

що включають у себе контейнери з датчиками фізико-хімічних властивостей води, сполучені кабель-тросом з бортовою апаратурою. Вимірювання проводяться в дрейфі в міру заглиблення контейнера.

Недоліком даних пристроїв є складність і низька оперативність отримання даних.

Найбільш близьким до винаходу є пристрій гідролокаційного профілювання водної товщі. В даному випадку для пошуку прісноводних зон в товщі морської води використовується залежність інтенсивності загасання звукових коливань від фізико-хімічних властивостей води для виділення границь зон води з різними фізико-хімічними характеристиками. Пристрій для гідролокаційного профілювання (кн. В.А. Воронин, С.П. Тарасов, В.И. Тимошенко "Гидроакустические параметрические системы", Ростов на Дону, Рост. Издат., 2004, с. 269...283), який містить у собі антену, комутатор прийому-передачі, передавальний тракт, формувач зондувального імпульсу, приймальний тракт, амплітудно-цифровий перетворювач, блок пам'яті обвідної реверберації і пристрій обробки і відображення інформації, причому вивід антени через комутатор прийому-передачі з'єднаний з виходом передавального тракту і з входом приймального тракту, вхід передавального тракту з'єднаний з виходом формувача зондувального імпульсу, вихід формувача зондувального імпульсу з'єднаний також із входом команди зчитування блока пам'яті обвідної реверберації, вихід приймального тракту з'єднаний зі входом амплітудно-цифрового перетворювача, вихід амплітудно-цифрового перетворювача з'єднаний з інформаційним входом блока пам'яті обвідної реверберації, вихід блока пам'яті обвідної реверберації з'єднаний із входом пристрою обробки і відображення інформації.

Недоліком відомого пристрою є низька розрізняльна здатність оцінки границь зон прісної води, що виділяються.

Задачею винаходу є підвищення розрізняльної здатності в оцінці границь солоності води з вертикальним профілем.

Поставлена задача вирішується тим, що в гідролокатор, який містить передавальну антену, передавальний тракт, перший подільник частоти, генератор тактових імпульсів, першу приймальну антену і пристрій відображення інформації, причому вхід передавальної антени з'єднаний з першим виходом передавального тракту, вхід передавального тракту з'єднаний з виходом першого подільника частоти, вхід першого подільника частоти з'єднаний з виходом генератора тактових імпульсів, вихід першого подільника частоти також з'єднаний з першим входом пристрою відображення інформації, який відрізняється тим, що з метою підвищення розрізняльної здатності щодо оцінки кордонів солоності води з вертикальним профілем у нього введені: перший підсилювач-обмежувач, перший фазовий детектор, селектор стрибків напруги, аналого-цифровий перетворювач, реверсивний лічильник, обчислювач, друга приймальна антенна, другий підсилювач-обмежувач, фіксатор нулів, другий подільник частоти, генератор із зовнішнім керуванням фази сигналів, другий фазовий детектор, фазообертач  $\pi/2$ , третій фазовий детектор і пороговий пристрій, причому другий вихід передавального тракту з'єднаний з першим входом другого подільника частоти, вихід генератора тактових імпульсів також з'єднаний з другим входом аналого-цифрового перетворювача і другим входом реверсивного лічильника, перша приймальна антенна з'єднана з входом першого підсилювача-обмежувача, вихід першого підсилювача-обмежувача з'єднаний з входом першого фазового детектора, вихід першого фазового детектора з'єднаний з входом селектора стрибків напруги і першим входом аналого-цифрового перетворювача, вихід селектора стрибків напруги з'єднаний з першим входом реверсивного лічильника, третій вхід реверсивного лічильника з'єднаний з виходом першого подільника частоти, вихід реверсивного лічильника з'єднаний з першим входом обчислювача, другий вхід обчислювача з'єднаний з виходом аналого-цифрового перетворювача, третій вхід обчислювача з'єднаний з виходом першого подільника частоти, четвертий вхід обчислювача з'єднаний з виходом порогового пристрою, п'ятий вхід обчислювача з'єднаний з виходом третього фазового детектора, вихід обчислювача з'єднаний з другим входом пристрою відображення інформації, друга приймальна антенна з'єднана з входом другого підсилювача-обмежувача, вихід якого з'єднаний з другим входом другого фазового детектора, з другим входом третього фазового детектора та з другим входом першого фазового детектора і входом фіксатора нулів, вихід фіксатора нулів з'єднаний з другим входом другого подільника частоти, вихід другого подільника частоти з'єднаний з входом генератора із зовнішнім керуванням фази сигналів, перший вихід якого з'єднаний з першим входом другого

фазового детектора і входом фазообертача  $\pi/2$ , другий вихід генератора, що фазується, з'єднаний з другим входом передавального тракту, вихід другого фазового детектора з'єднаний з входом порогового пристрою.

Розглянемо фізичні ознаки, які дозволяють виявити джерела прісної води в морі гідроакустичними засобами. Основний параметр, що відрізняє прісну воду від морської - це швидкість поширення звуку. В залежності від інтенсивності прісноводного джерела, розташованого на дні моря і від глибини джерела, прісна вода може утворювати або "колодязі" прісної води, що досягають поверхні моря, або придонні "лінзи" прісної води, які поступово переходять в солону морську воду. Тому гідролокатор повинен визначати і реєструвати зміни швидкості поширення звуку, як у функції глибини, так і уздовж лінії шляху. Крім того в "колодязі" є сильна течія від дна до поверхні води, тому необхідно визначати гідролокатором цю вертикальну складову швидкості течії.

Геометричне співвідношення задачі пояснюється (Фіг. 4) А1 - передавальна антена, гострий промінь якої орієнтований вниз А1. На відстані L за горизонталлю від нього знаходяться приймальні антени А2, А3, відстань між якими дорівнює  $l = \kappa \lambda$ , де:  $\lambda$  - довжина хвилі сигналу, який випромінюється передавальною антеною А1. Антени А2, А3 здійснюють фазову інтерференційну пеленгацію джерела об'ємної реверберації, що виникає при випромінюванні короткого імпульсу антеною А1.

Нехай у момент часу  $t_0 = 0$  випромінюється короткий гідроакустичний імпульс, у міру поширення імпульсу в глибину буде виникати сигнал об'ємної реверберації і прийматися антенами А2 і А3. Фазовий зсув  $\varphi$  між сигналами на виходах антен А2, А3 дорівнює

$$\varphi = 2\pi \frac{d}{\lambda} = 2\pi K \cos \alpha, \text{ де: } K = \frac{l}{\lambda}, \alpha - \text{пеленг ревербераційного сигналу відносно горизонту.}$$

Шлях  $R_B$ , який пройшов сигнал до моменту часу  $t_B$ , відносно моменту випромінювання зондувального імпульсу, що відповідає пеленгації об'ємної реверберації в точці В, розташованої на глибині  $H_B$ , дорівнює  $A_1B + BE = L \operatorname{tg} \alpha_B + \frac{L}{\cos \alpha_B} = R_B$ , відповідно час приходу

$$\text{сигналу } t_B \text{ з глибини } H_B \in t_B = \frac{L \left( \operatorname{tg} \alpha_B + \frac{1}{\cos \alpha_B} \right)}{\bar{C}_B}, \text{ де } \bar{C}_B - \text{швидкість поширення звуку,}$$

усереднена за глибиною від 0 до  $H_B$ .

Розіб'ємо глибину до дна на ряд шарів  $H_B$ , товщина кожного шару  $\Delta H = H_i - H_{i-1}$ , де  $\tau$  - тривалість зондувального імпульсу. Час приходу сигналу  $t_{i-1}$ , від точки  $B_{i-1}$ , відносно моменту випромінювання зондувального імпульсу дорівнює

$$t_{i-1} = \frac{L \left( \operatorname{tg} \alpha_{i-1} + \frac{1}{\cos \alpha_{i-1}} \right)}{\bar{C}_{i-1}} \quad (1)$$

Шлях через точку  $B_i \in R_i = A_1B_{i-1} + FE + B_{i-1}B_i + B_i + B_iF$ . Але відрізки  $A_1B_{i-1}$  і  $FE$  відповідають шарам, за якими проходить сигнал зі швидкістю  $\bar{C}_{i-1}$ , а відрізки  $B_{i-1}B_i$  і  $B_iF$  лежать в шарі, де швидкість  $C_i = \bar{C}_{i-1} + \Delta C_i$ .

Позначимо  $X = A_1B_{i-1} + FE$  - шлях через усі вищерозміщені шари по (i-1) шар, де середня швидкість звуку дорівнює  $\bar{C}_{i-1}$ .

Позначимо  $Y = B_{i-1}B_i + B_iF$  - шлях тільки через шар (i), де швидкість звуку  $C_i = \bar{C}_{i-1} + \Delta C_i$ . Тоді час  $t_i$  проходження сигналом траєкторії  $A_1B_iE$

$$t_i = \frac{X}{\bar{C}_{i-1}} + \frac{Y}{\bar{C}_{i-1} + \Delta C_i} \quad (2)$$

Звідки отримаємо

$$\Delta C_i = \frac{X + Y - t_i \bar{C}_{i-1}}{t_i - \frac{X}{\bar{C}_{i-1}}} \quad (3)$$

$$\text{де } X = L \operatorname{tg} \alpha_{i-1} \left( 1 + \frac{1}{\sin \alpha_i} \right), \quad Y = L (\operatorname{tg} \alpha_i - \operatorname{tg} \alpha_{i-1}) \left( 1 + \frac{1}{\sin \alpha_i} \right).$$

Таким чином, якщо через однакові проміжки часу  $\Delta t$  брати відліки кута візування  $\alpha_i$ , джерела об'ємної реверберації, то із співвідношення (3) можна визначити зміну швидкості поширення звуку  $\Delta C_i$  у  $i$ -ому шарі відносно швидкості звуку  $\bar{C}_{i-1}$  в вищерозміщених шарах.

- 5 Швидкість поширення звуку  $C_0$  у приповерхневому шарі визначається часом проходження сигналом ділянки  $L$ , тобто  $C_0 = \frac{L - l/2}{\Delta t_1}$ , де  $\Delta t_1$  - час появи першого, після випромінювання зондувального імпульсу, сигналу на антені А2.

Обчислюючи швидкість звуку послідовно від шару  $C_0$  до шару  $C_i$ , можна побудувати залежність швидкості звуку в функції глибини.

- 10 При зменшенні швидкості звуку в придонній області виявляється джерело прісної води в тому випадку, якщо утворюється придонна "лінза" прісної води. Виявлення "колодязя" прісної води здійснюється при збігу двох ознак:

- наявність вертикального градієнта швидкості течії,
- за різкої зміни  $C_0$  уздовж лінії шляху судна.

- 15 Основна перевага описаного методу порівняно з відомими методами визначення вертикального профілю швидкості звуку (патент РФ № 2456554 "Способ измерения распределения скорости звука в жидкой среде", патент РФ № 23319116 "Устройство для измерения вертикального распределения скорости звука в жидких средах"), полягає в підвищенні розрізняювальної здатності вимірювання приростів швидкості звуку за вертикаллю, оскільки розрізняювальна здатність пропонованого гідролокатора визначається тривалістю зондувального імпульсу, а не шириною променя приймальної антени в багатопроменевій системі, як у прототипі, тобто описаний спосіб дозволяє отримати більшу кількість статистичних незалежних відліків швидкості звуку в функції глибини і більш детально відобразити придонну область з прісною водою.

- 25 Фіг. 1 - структурна схема вимірювача, аналог;  
 Фіг. 2 - структурна схема гідролокатора, прототип;  
 Фіг. 3 - структурна схема пропонованого гідролокатора;  
 Фіг. 4 - геометричні співвідношення задачі;  
 Фіг. 5 - напруга на виході фазового детектора;  
 30 Фіг. 6 - відрізки гармонічної напруги

- Гідролокатор, що заявляється, містить: передавальну антену 1, передавальний тракт 2, перший подільник частоти 3, генератор тактових імпульсів 4, пристрій відображення інформації 5, першу приймальну антену 6, перший підсилювач-обмежувач 7, перший фазовий детектор 8, селектор стрибків напруги 9, реверсивний лічильник 10, обчислювач 11, другу приймальну антену 12, другий підсилювач-обмежувач 13, фіксатор 14, аналого-цифровий перетворювач 15, пороговий пристрій 16, другий подільник частоти 17, генератор із зовнішнім керуванням фази сигналів 18, другий фазовий детектор 19, фазообертач  $\pi/2$  20, третій фазовий детектор 21, причому вихід генератора тактових імпульсів 4 з'єднаний із входом першого подільника частоти 3, другим входом реверсивного лічильника 10 і другим входом аналого-цифрового перетворювача 15, вихід першого подільника частоти 3 з'єднаний з першим входом передавального тракту 2, третім входом реверсивного лічильника 10, третім входом обчислювача 11 і першим входом пристрою відображення інформації 5, перший вихід передавального тракту 2 з'єднаний з входом передавальної антени 1, другий вихід передавального тракту 2 з'єднаний з першим входом другого дільника частоти 17, другий вхід передавального тракту 2 з'єднаний з другим виходом генератора із зовнішнім керуванням фази сигналів 18, перша приймальна антена 6 виходом з'єднана через перший підсилювач-обмежувач 7 з входом першого фазового детектора 8, вихід першого фазового детектора 8 з'єднаний з входом селектора стрибків напруги 9 і першим входом аналого-цифрового перетворювача 15, вихід селектора стрибків напруги 9 з'єднаний з першим входом реверсивного лічильника 10, вихід реверсивного лічильника 10 з'єднаний з першим входом обчислювача 11, другий вхід обчислювача 11 з'єднаний з виходом аналого-цифрового перетворювача 15, друга приймальна антена 12 з'єднана зі входом другого підсилювача-обмежувача 13, у свою чергу вихід другого підсилювача-обмежувача 13 з'єднаний з другим входом першого фазового детектора 8, з другим входом фіксатора нулів 14, з другим входом другого фазового детектора 19 і другим входом третього фазового детектора 21, вихід

фіксатора нулів 14 з'єднаний з другим входом другого подільника частоти 17, вихід якого у свою чергу з'єднаний з входом генератора із зовнішнім керуванням фази сигналів 18, перший вихід генератора із зовнішнім керуванням фази сигналів 18 з'єднаний з першим входом другого фазового детектора 19 і входом фазообертача  $\pi/2$ , вихід другого фазового детектора 19 з'єднаний з входом порогового пристрою 16, вихід фазообертача  $\pi/2$  з'єднаний з першим входом третього фазового детектора 21, вихід якого з'єднаний з п'ятим входом обчислювача 11, четвертий вхід обчислювача 11 з'єднаний з виходом порогового пристрою 16 і нарешті, вихід обчислювача 11 з'єднаний з другим входом пристрою відображення інформації 5.

Передавальна антена 1 - гідроакустична передавальна антена з широкою (40-60)° характеристикою направленості в одній площині і вузькою (1-2)° характеристикою направленості в іншій площині, орієнтованими у напрямку дна і в бік від судна.

Передавальний тракт 2 - містить передокінцеві та кінцеві каскади посилення зондувальних імпульсів.

Перший подільник частоти 3, другий подільник частоти 17 - цифрові пристрої, що зменшують частоту вхідного сигналу у вказану кількість разів.

Генератор тактових імпульсів 4 - пристрій, призначений для вироблення тактових імпульсів, які керують роботою пристрою відображення інформації 5, реверсивного лічильника 10, аналого-цифрового перетворювача 15, передавального тракту і обчислювача 11.

Перша приймальна антена 6 і друга приймальна антена 12 - гідроакустичні приймальні антени, призначені для прийому гідроакустичних сигналів.

Перший підсилювач-обмежувач 7 і другий підсилювач-обмежувач 13 - виконують типову задачу з частотної селекції, посилення і обмеження амплітуди ревербераційних сигналів.

Перший фазовий детектор 8, другий фазовий детектор 19 і третій фазовий детектор 21 - пристрої для визначення фазових зміщень вхідних сигналів.

Селектор стрибків напруги 9 - пристрій, що забезпечує селекцію сигналів зі стрибків амплітуд вхідних сигналів.

Обчислювач 11 - програмно-цифровий пристрій, що реалізує обчислення заданого алгоритму.

Аналого-цифровий перетворювач 15 - пристрій, що здійснює перетворення обвідної ревербераційного процесу, що безперервно змінюється, в цифровий код.

Реверсивний лічильник 10 - лічильник фіксованих значень реалізацій з реверсивною функцією.

Пристрій відображення інформації 5 - пристрій відображення службової та гідроакустичної інформації.

Фіксатор нулів 14 - електронний пристрій, що фіксує моменти переходу сигналу через нульове значення.

Генератор із зовнішнім керуванням фази сигналів 18 - генератор сигналів із зовнішнім керуванням фази сигналів.

Фазообертач  $\pi/2$  20 - пристрій для зміни фази сигналу, що проходить через нього.

Пороговий пристрій 16 - пристрій, що фіксує момент перевищення вхідними сигналами заданого порогу.

Гідролокатор, що заявляється, працює у такий спосіб: передавальний тракт 2 за першим виходом виробляє короткий імпульс на несучій частоті  $\omega_r = 2\pi f_r$  тривалістю  $\tau_u$ , який надходить на передавальну антену 1 і випромінюється у воду за променем, вузьким у поперечному напрямку судна-носія і орієнтованим вертикально вниз.

Сигнал об'ємної реверберації, що виникає в товщі води при поширенні гідроакустичного імпульсу, приймається першою приймальною антеною 6 і другою приймальною антеною 12. Сигнали посилені першим підсилювачем-обмежувачем 7 надходять на вхід селектора стрибків напруги 9 і перший вхід аналого-цифрового перетворювача 15. Сигнали посилені другим підсилювачем-обмежувачем 13 надходять на другий вхід першого фазового детектора 8, до складу якого входить фільтр нижніх частот. Перший фазовий детектор 8 має лінійну амплітудну характеристику, тобто вихідна напруга фазового детектора  $U_{\phi d} = K_{\phi}$  при  $|\phi| \leq 2\pi$  де  $|\phi| \leq 2\pi$ ,  $l$  - відстань за горизонталлю між антенами 6 і 12,  $\lambda$  - довжина хвилі гідроакустичного сигналу, що випромінюється.

При рівності фазового зсуву  $\phi$  цілого числа періодів гідроакустичного сигналу, тобто коли  $\phi(t) = 2\pi n$ , де  $n$  послідовно в часі, може приймати значення  $n = K; K-1; K-2; \dots 0$ , напруга на виході фазового детектора стрибком змінюється від мінімального до максимального значення. При розповсюдженні гідроакустичного імпульсу вниз за променем напруга на виході фазового детектора 8 матиме вигляд, представлений на Фіг. 5.

Ці стрибки напруги виділяються селектором стрибків напруги 9 і надходять на перший вхід реверсивного лічильника 10. Оскільки кожен стрибок напруги відповідає зсуву  $\varphi$  на  $2\pi$ , підрахувавши кількість стрибків  $n$ , визначаємо фазові зсуви в моменти часу  $t_n$ , як  $\varphi_n = 2\pi n$ , де  $n$  - кількість стрибків, записана до моменту  $t_n$  реверсивним лічильником 10.

- 5 Для визначення фазового зсуву  $\varphi_i'$  в довільний тактовий момент часу  $t_i'$  до виходу першого фазового детектора 8 підключений перший вхід аналого-цифрового перетворювача 15, який видає в двійковому коді поточне значення фазового зсуву  $\varphi_i''$ , виміряне відносно фазового зсуву  $\varphi_n = 2\pi n$ . Ці значення фазового зсуву  $\varphi_i''$  зчитуються в тактові моменти часу  $t_i'$  і надходять на другий вхід обчислювача 11, що підсумовує  $\varphi_n + \varphi_i'' = \varphi_i'$ . За цією величиною  $\varphi_i'$  визначається  $\alpha_i$  як  $\alpha_i = \arccos \varphi_i' / 2\pi K$  і далі за формулою 3 знаходиться  $\Delta C_i$ .

- 10 Обчислені значення приросту швидкості поширення звуку  $\Delta C_i$ , в моменти часу  $t_i$ , виміряні відносно моментів випромінювання зондувальних імпульсів, що надходять з виходу обчислювача 11 на вхід 2 пристрою відображення інформації 5 для реєстрації вертикального профілю швидкості звуку. Лінійно зростаючі величини  $t_i$  формуються в обчислювачі 11 після надходження на вхід 3 обчислювача 11 синхроімпульсу, з виходу першого подільника частоти 3, відповідного моменту випромінювання зондувального імпульсу.

- 15 Для керування роботою пристрою відображення інформації 5 і аналого-цифрового перетворювача 15 використовується генератор тактових імпульсів 4 з періодом  $\Delta t$ , який також задає моменти випромінювання зондувальних імпульсів, зменшуючи частоту генератора тактових імпульсів 4 за допомогою першого подільника частоти 3. Синхроімпульси з виходу першого подільника частоти 3 надходять на передавальний тракт 2 і одночасно дозволяють запис у реверсивний лічильник 10 по другому входу числа  $K$ .

- 20 В міру поширення зондувального імпульсу буде збільшуватись кут візування  $\alpha_i$ , фазовий зсув  $\varphi$  і у реверсному лічильнику 10 послідовно зменшуватись попередньо записане число  $n = K, K-1, K-2, \dots$ , що зчитується в тактові моменти часу за розрізняльним сигналом, який надходить на другий вхід реверсивного лічильника 10. Ці числа  $n$  надходять на перший вхід обчислювача 11, а на другий вхід надходять оцифровані значення фазового зсуву з виходу аналого-цифрового перетворювача 15. Обчислювач 11 виконує підсумовування  $\varphi_n = 2\pi n$   $\varphi_i''$ , визначає поточне значення  $\alpha_i$ , а також виконує інші вищезазначені операції.

- 30 Розглянутий пристрій може визначати залежності  $\Delta C_i$  від глибини тільки за наявності досить інтенсивного сигналу об'ємної реверберації, тобто при відношенні сигнал  $\alpha = \frac{U_C}{2\sigma_n}$  шум

- на виходах приймальних антен не менше 3, де  $U_C$  - амплітудне значення сигналу об'ємної реверберації на виході другої приймальної антени 12,  $\sigma_n$  - середньоквадратичне значення шуму там же. Для вимірювання цього відношення використовуються послідовно з'єднані 35 пристрої: фіксатор нулів 14, другий подільник частоти 17, генератор із зовнішнім керуванням фази сигналів 18, другий фазовий детектор 19, і фазообертач  $\pi/2$  20, підключені до виходу другого підсилювача-обмежувача 13, який практично не впливає на величину відношення сигнал/шум. Він нормалізує тільки вихідну амплітуду напруги, тому до його виходу підключено вимірювач величини відношення сигнал/шум, що складається з фіксатора нулів 14, другого 40 подільника частоти 17, генератора із зовнішнім керуванням фази сигналів, другого фазового детектора 19 і порогового пристрою 16.

Вимірювач відношення сигнал/шум працює наступним чином: нехай сигнал об'ємної реверберації на інтервалі часу кореляції має вигляд:

$$u_C(t) = U_C(\omega_C t + \varphi_C + \Theta_i)$$

- 45 де  $U_C, \omega_C, \varphi_C$  - відповідно амплітуда, частота і фаза об'ємної реверберації,

$\Theta_i$  - помилка фазування,  $\omega_C = 2\pi f_C$  - утова частота, яка може відрізнитися від частоти випроміненого сигналу на величину доплерівського зсуву.

Ця напруга надходить на фіксатор нулів 14, який виробляє позитивні імпульси в моменти переходу сигналу через нульовий рівень з позитивною крутизною (на початку кожного періоду).

- 50 Ці імпульси надходять на другий подільник частоти 17, на виході якого з'являються імпульси з частотою в  $N$  разів меншою, де  $N$  - коефіцієнт розподілу подільника. Позначимо період  $\tau$

проходження імпульсів на виході подільника частоти 2 17, як  $\tau = \frac{N}{f_c}$ . Ці імпульси надходять на

вхід синхронізації генератора, що фазується 18, який має частоту  $f_c$  і в моменти надходження фазових імпульсів з другого подільника частоти 17 (напряга має фазу, яка дорівнює нулю) його коливання починаються з нульовою фазою. Оскільки фазові імпульси з періодом  $\tau$  надходять в

5

$$u_r(t) = U_r \cos(\omega_r t + \varphi_c + \Theta_i)$$

де  $\omega_r = 2\pi f_r$  - кутова частота генератора.

10

$\Theta_i$  - помилка фазування у і-му циклі фазування.

Напряги  $u_c(t)$  і  $u_r(t)$  надходять на другий фазовий детектор 19, який містить фільтр нижніх частот, для виділення складової різницевої частоти, тобто частоти  $\Omega = \omega_c - \omega_r$ . Тоді напрягу на виході другого фазового детектора 19 запишемо у вигляді:  $u_d(t) = K_d U_c U_r \cos(\Omega t + \Theta_i)$  де  $K_d$  коефіцієнт передачі другого фазового детектора 19. Ця напруга являє собою (Фіг. 4) відрізки гармонічного коливання частоти  $\Omega$ , тривалості  $\tau$  з фазою  $\Theta_i$ .

15

$\Theta_i$  - помилка фазування, викликана тим, що фаза суміші сигнал+шум відрізняється від фази сигналу на величину  $\Theta_i$ , одновимірна щільність ймовірності якої має вигляд  $P(\Theta_i)$  (Б.Р. Левин "Теоретические основы статистической радиотехники М.: "Сов. Радио", 1974 с. 342)

$$P(\Theta_i) = \frac{1}{2\pi} e^{-\alpha^2} + \frac{\alpha \cos \Theta_i}{\sqrt{2}} F(\alpha \sqrt{2} \cos \Theta_i) e^{-\frac{\alpha^2 \sin^2 \Theta_i}{2}} \quad (4)$$

20

де  $\alpha = \frac{U_c}{2\sigma_n}$  - відношення сигнал/шум;

$\alpha = \frac{U_c}{2\sigma_n}$  - середньоквадратична напруга перешкоди;

$F(\alpha \sqrt{2} \cos \Theta_i)$  табульований інтеграл ймовірності.

$$\text{Постійна складова } \bar{U}_d \text{ напруги } u_d(t) \in \bar{U}_d = \frac{1}{\tau} \int_0^\tau u_d(t) dt$$

Виконавши ряд перетворень, запишемо:

25

$$\bar{U}_d = \frac{K_d U_c U_r}{2\Omega \tau} M(\cos \Theta_i \sin \Omega \tau - 2 \sin \Theta_i \sin^2 \frac{1}{2} \Omega \tau)$$

де:  $M(\cos \Theta_i \sin \Omega \tau - 2 \sin \Theta_i \sin^2 \frac{1}{2} \Omega \tau)$  - символ математичного сподівання.

Оскільки  $M(\sin \Theta_i) = 0$  то

$$\bar{U}_d = \frac{1}{2} K_d U_c U_r M(\cos \Theta_i) \frac{\sin \Omega \tau}{\Omega \tau} \quad (5)$$

де:  $M(\cos \Theta_i) = \frac{1}{2} \alpha \sqrt{\pi} {}_1F_1(\frac{1}{2}; 2; -\alpha^2)$  (Б.Р. Левин "Теоретические основы статистической радиотехники" М.: "Сов. Радио", 1974 с.352)

30

${}_1F_1(x)$  - вироджена гіпергеометрична функція аргументу  $x$ , тобто постійна складова напруги на виході другого фазового детектора 19 залежить від величини відношення сигнал/шум  $\alpha$ .

Незначні розлади частоти генератора  $f_r$  відносно частоти об'ємної реверберації  $f_c$  при постійній величині будуть мати малий вплив на  $\bar{U}_d$  внаслідок малих змін функції  $\sin x/x$  при невеликих  $x$ . Величини  $U_c$  і  $U_r$  також практично постійні, тому що  $U_c$  знімається з виходу другого підсилювача-обмежувача 13, а  $U_r$  - амплітуда напруги на виході генератора із зовнішнім керуванням фази сигналів 18.

35

Отже, напруга на виході другого фазового детектора 19 практично пропорційна відношенню сигнал/шум, вона надходить на пороговий пристрій 16, де встановлений граничний рівень, відповідний мінімально допустимій величині відношення сигнал/шум. Обчислювач 11 працює

40



тільки при спрацьовуванні порогового пристрою 16, з якого на четвертий вхід обчислювача 11 приходить сигнал підтвердження необхідної величини відношення сигнал/шум.

Розглянемо постійну складову напруги на виході третього фазового детектора 21, вхід 2 якого через фазообертач 11 з'єднаний з виходом генератора із зовнішнім керуванням фази сигналів 18, тому сигнали об'ємної реверберації і сигнали з генератора із зовнішнім керуванням фази сигналів 18 надходять в квадратурі. Проробивши викладки, аналогічні вищенаведеним, отримуємо:

$$\bar{U}_1 = \frac{1}{2} K_D U_C U_F M (\cos \Theta_1) \frac{\sin^2 \frac{\Omega \tau}{2}}{\frac{\Omega \tau}{2}} \quad (6)$$

Звідки випливає, що напруга на виході третього фазового детектора 21 є пропорційною величиною вертикальної складової швидкості течії прісноводного джерела, присутнього в "колодязі".

Як впливає з формули (5), напруга на виході другого фазового детектора 19 є тільки функцією відношення сигнал/шум. При зменшенні цього відношення нижче заданого рівня зменшується напруга на виході другого фазового детектора 19 і пороговий пристрій 16 відключає обчислювач 11 від пристрою відображення інформації 5, перешкоджаючи реєстрації недостовірних даних про вертикальний профіль швидкості поширення звуку у воді.

Напруга з виходу другого фазового детектора 19 використовується також при визначенні швидкості поширення звуку  $C_0$  у приповерхневому шарі  $C_0 = \frac{L - l/2}{\Delta t_1}$ , де  $\Delta t_1$  - затримка першого ехо-сигналу після випромінювання зондувального імпульсу. Для обчислення  $C_0$  на третій вхід обчислювача 11 подається синхросигнал про випромінювання зондувального імпульсу, а на вхід 5 - сигнал про появу на другій приймальній антені 12 сигналу від зондувального імпульсу, що прийшов за боковими пелюстками передавальної антени 1. Обчислене значення  $C_0$  також реєструється пристроєм відображення інформації спільно з кожним профілем  $C_i$ , визначеним у функції глибини, і швидкістю вертикальної течії прісної води в "колодязі".

#### ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Гідролокатор, який містить передавальну антену, передавальний тракт, перший подільник частоти, генератор тактових імпульсів, першу приймальну антену і пристрій відображення інформації, причому вхід передавальної антени з'єднаний з першим виходом передавального тракту, вхід передавального тракту з'єднаний з виходом першого подільника частоти, а вхід першого подільника з'єднаний з виходом генератора тактових імпульсів, вихід першого подільника також з'єднаний з першим входом пристрою відображення інформації, який **відрізняється** тим, що у нього введені: перший підсилювач-обмежувач, перший фазовий детектор, селектор стрибків напруги, аналого-цифровий перетворювач, реверсивний лічильник, обчислювач, друга приймальна антена, другий підсилювач-обмежувач, фіксатор нулів, другий подільник частоти, генератор із зовнішнім керуванням фази сигналів, другий фазовий детектор, фазообертач  $\pi/2$ , третій фазовий детектор і пороговий пристрій, причому другий вихід передавального тракту з'єднаний з першим входом другого подільника частоти, вихід генератора тактових імпульсів з'єднаний також з другим входом аналого-цифрового перетворювача і другим входом реверсивного лічильника, перша приймальна антена з'єднана з входом першого підсилювача обмежувача, вихід першого підсилювача обмежувача з'єднаний з входом першого фазового детектора, вихід першого фазового детектора з'єднаний з входом селектора стрибків напруги і першим входом аналого-цифрового перетворювача, вихід селектора стрибків напруги з'єднаний з першим входом реверсивного лічильника, третій вхід реверсивного лічильника з'єднаний з виходом першого подільника частоти, вихід реверсивного лічильника з'єднаний з першим входом обчислювача, другий вхід обчислювача з'єднаний з виходом аналого-цифрового перетворювача, третій вхід обчислювача з'єднаний з виходом першого подільника частоти, четвертий вхід обчислювача з'єднаний з виходом порогового пристрою, п'ятий вхід обчислювача з'єднаний з виходом третього фазового детектора, вихід обчислювача з'єднаний з другим входом пристрою відображення інформації, друга приймальна антена з'єднана з входом другого підсилювача обмежувача, вихід якого з'єднаний з другим входом другого фазового детектора, з другим входом третього фазового детектора, з другим

- 5 входом першого фазового детектора і входом фіксатора нулів, вихід фіксатора нулів з'єднаний з другим входом другого подільника частоти, вихід другого подільника частоти з'єднаний з входом генератора із зовнішнім керуванням фази сигналів, перший вихід якого з'єднаний з першим входом другого фазового детектора і входом фазообертача  $\pi/2$ , другий вихід генератора із зовнішнім керуванням фази сигналів з'єднаний з другим входом передавального тракту, вихід другого фазового детектора з'єднаний з входом порогового пристрою, а вхід 3-го фазового детектора з'єднано з фазообертачем  $\pi/2$ .

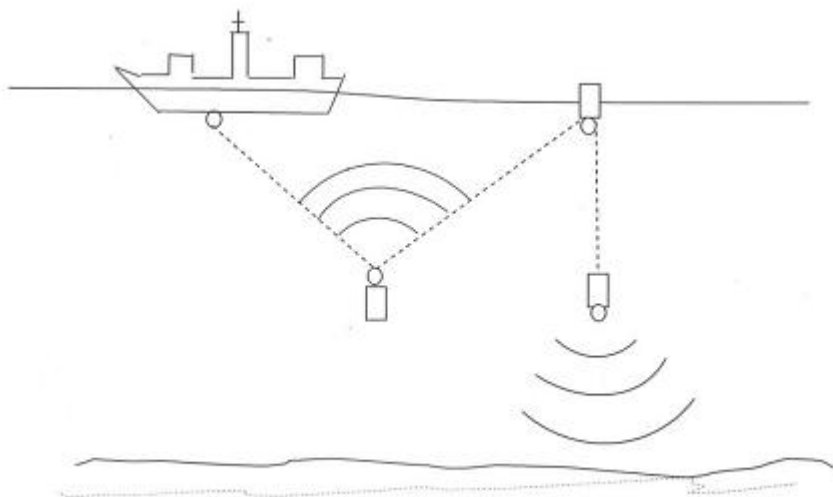


Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3

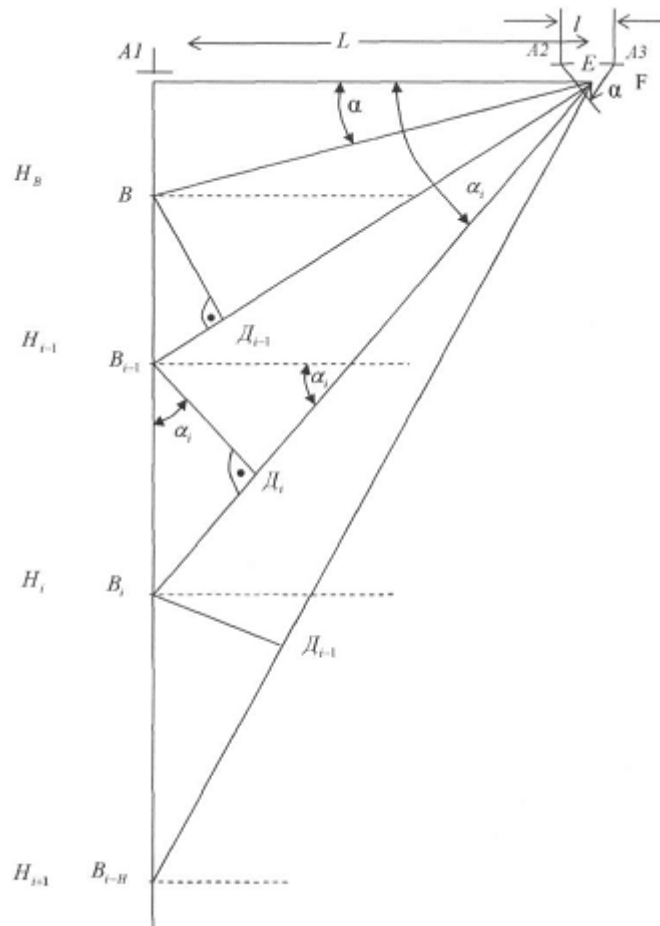


Fig. 4

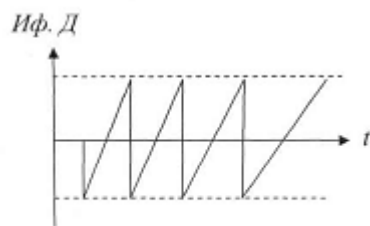


Fig. 5

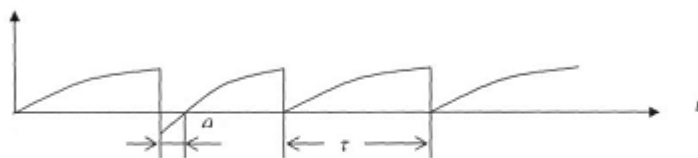


Fig. 6

---

Комп'ютерна верстка А. Крулевський

---

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

---

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601