



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
G01S 15/04 (2020.08)

(21)(22) Заявка: 2020120372, 15.06.2020

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
15.06.2020

Дата регистрации:  
21.12.2020

Приоритет(ы):  
(22) Дата подачи заявки: 15.06.2020

(45) Опубликовано: 21.12.2020 Бюл. № 36

Адрес для переписки:  
690091, г. Владивосток, ул. Суханова, 5а,  
ИПМТ ДВО РАН, отдел интеллектуальной  
собственности

(72) Автор(ы):  
Касаткин Борис Анатольевич (RU),  
Касаткин Сергей Борисович (RU)

(73) Патентообладатель(и):  
Федеральное государственное бюджетное  
учреждение науки Институт проблем  
морских технологий Дальневосточного  
отделения Российской академии наук  
(ИПМТ ДВО РАН) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2702917 C1, 14.10.2019. RU  
2718144 C1, 30.03.2020. RU 2700797 C1,  
23.09.2019. RU 2687886 C1, 16.05.2019. RU  
2653189 C1, 07.05.2018. RU 2591030 C1,  
10.07.2016. US 8620082 B1, 31.12.2013.

(54) Гидроакустический комплекс для обнаружения движущегося подводного источника звука, измерения пеленга на источник звука и горизонта источника звука в мелком море

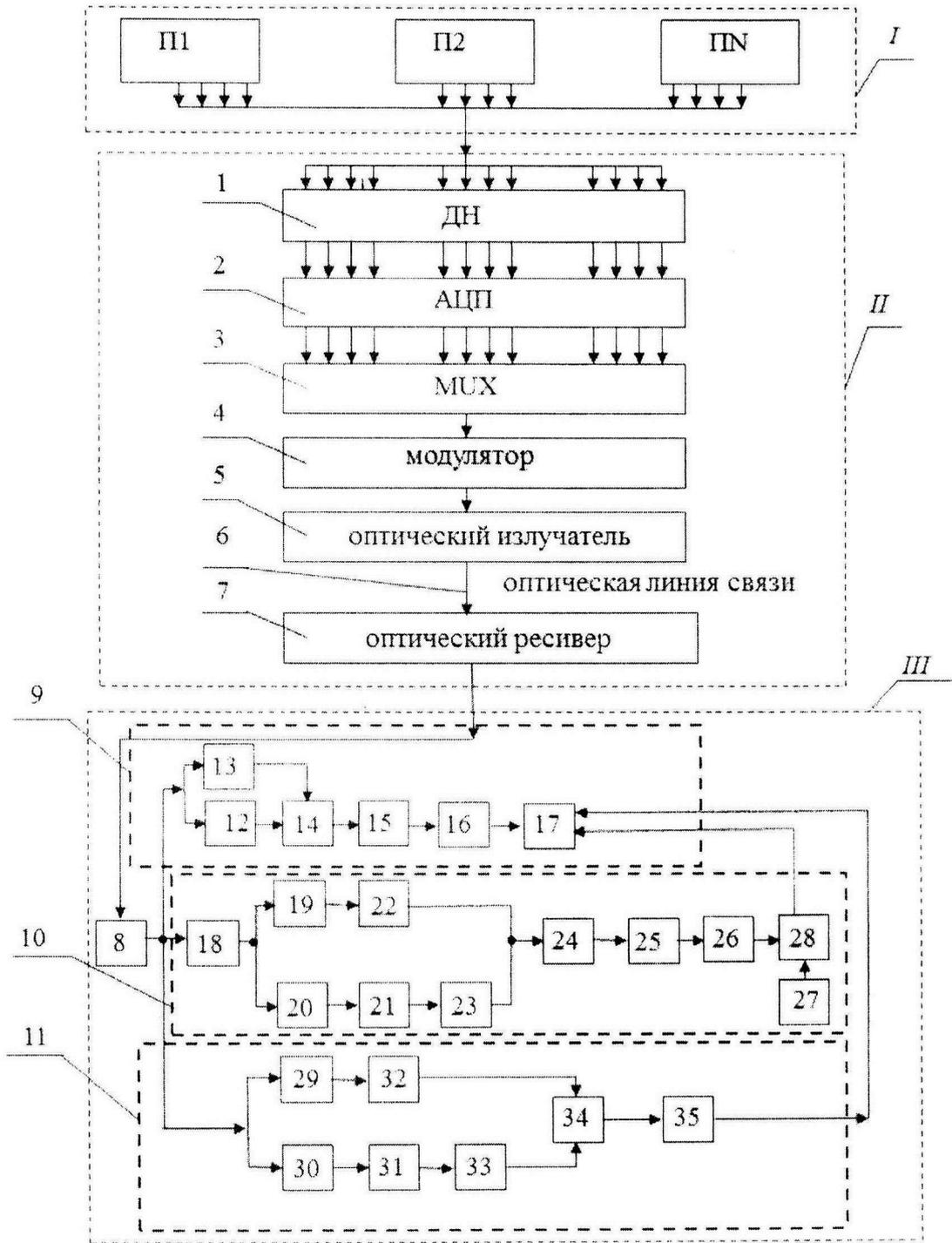
(57) Реферат:

Изобретение относится к гидроакустике и может быть использовано для обнаружения движущегося источника звука, измерения пеленга на источник звука и горизонта источника звука в мелком море в пассивном режиме с помощью акустических комбинированных приемников, устанавливаемых на морском дне, координаты которых и угловое положение считаются известными. Технический результат - увеличение точности определения азимутального угла на источник звука в условиях мелкого моря и низких частот, определение пеленга на источник звука, а также увеличение дальности действия комплекса в режиме обнаружения источника звука. Для достижения указанной цели в гидроакустический комплекс, содержащий N акустических комбинированных приемников, образующих донную вертикально ориентированную эквидистантную антенну, в которой расстояние между комбинированными приемниками равно заданной погрешности определения вертикальной

координаты (горизонта) источника звука  $\Delta z$ , число приемников  $N=N/\Delta z$  (где N - глубина моря), каждый комбинированный приемник состоит из гидрофона, трехкомпонентного векторного приемника и соединенных с ними усилителей, телеметрический блок, вход которого соединен с выходом акустических комбинированных приемников, включающий делители напряжения, аналого-цифровую преобразующую схему, единую схему электронного мультиплексирования, модулятор и оптический излучатель, связанный оптической линией связи с оптическим ресивером, а также систему сбора, обработки и отображения информации с N-канальной подсистемой определения горизонта источника, дополнительно введены N-канальная подсистема пеленгования, содержащая N-канальный блок формирования M пространственных каналов в каждом из N каналов, причем  $M=360^\circ/\Delta\varphi$ , где  $\Delta\varphi$  - заданная погрешность определения пеленга, MN-

канальный блок формирования набора информативных параметров для суммарного процесса (С+П), MN-канальный блок выделения из текущих значений суммарного случайного процесса (С+П) текущих значений помехи (П), MN-канальный блок формирования набора информативных параметров для помехи (П), MN-канальный блок усреднения информативных параметров для суммарного процесса (С+П), MN-канальный блок усреднения информативных параметров для помехи (П), MN-канальный блок формирования отношения сигнал-помеха (ОСП) по всем информативным параметрам, MN-канальный компаратор, N-канальный блок формирования время-углового распределения (ВУР) в локальной системе координат, связанной с комбинированным приемником, N-канальный блок формирования (ВУР) в географической системе координат, блок формирования (ВУР) гидроакустического комплекса, N-канальная подсистема обнаружения, содержащая N-

канальный блок формирования набора информативных параметров для суммарного процесса (С+П), N-канальный блок выделения из текущих значений суммарного случайного процесса (С+П) текущих значений помехи (П), N-канальный блок формирования набора информативных параметров для помехи (П), N-канальный блок усреднения информативных параметров для суммарного процесса (С+П), N-канальный блок усреднения информативных параметров для помехи (П), N-канальный блок формирования (ОСП) по всем информативным параметрам, N-канальный компаратор, выделяющий в каждом канале информативный параметр, которому соответствует максимальное значение  $(\text{ОСП})_{\max}$ . принимают решение об обнаружении путем сравнения с пороговым значением (ОСП) максимального  $(\text{ОСП})_{\max}$ , вычисленного в каждом канале N-канального компаратора. 2 ил.



ФИГ. 2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

## (12) ABSTRACT OF INVENTION

(52) CPC

G01S 15/04 (2020.08)

(21)(22) Application: 2020120372, 15.06.2020

(24) Effective date for property rights:  
15.06.2020Registration date:  
21.12.2020

Priority:

(22) Date of filing: 15.06.2020

(45) Date of publication: 21.12.2020 Bull. № 36

Mail address:

690091, g. Vladivostok, ul. Sukhanova, 5a, IPMT  
DVO RAN, otdel intellektualnoj sobstvennosti

(72) Inventor(s):

Kasatkin Boris Anatolevich (RU),  
Kasatkin Sergej Borisovich (RU)

(73) Proprietor(s):

Federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe  
uchrezhdenie nauki Institut problem morskikh  
tekhnologij Dalnevostochnogo otdeleniya  
Rossijskoj akademii nauk (IPMT DVO RAN)  
(RU)

(54) HYDROACOUSTIC SYSTEM FOR DETECTING A MOVING UNDERWATER SOUND SOURCE, MEASUREMENT OF BEARING ON SOUND SOURCE AND HORIZON OF SOUND SOURCE IN SHALLOW SEA

(57) Abstract:

FIELD: hydro acoustics.

SUBSTANCE: invention relates to hydroacoustics and can be used to detect a moving sound source, measurement of bearing on sound source and horizon of sound source in shallow sea in passive mode using acoustic combined receivers installed on sea bottom, coordinates of which and angular position are considered known. Into a hydroacoustic system comprising N acoustic combined receivers forming a bottom vertically oriented equidistant antenna, in which distance between combined receivers is equal to predetermined error of determining vertical coordinate (horizon) of sound source  $\Delta z$ , number of receivers  $N = H/\Delta z$  (where H is sea depth), each combined receiver consists of a hydrophone, a three-component vector receiver and amplifiers connected to them, a telemetric unit, the input of which is connected to the output of acoustic combined receivers, comprising voltage dividers, analogue-to-digital conversion circuit, a single electronic multiplexing circuit, a modulator and an optical emitter coupled by an optical link to the optical receiver, as well as a system for collecting, processing

and displaying information with a source channel N-channel subsystem, further comprising N-channel direction finding subsystem comprising N-channel unit for generating M spatial channels in each of N channels, wherein  $M = 360^\circ/\Delta\varphi$ , where  $\Delta\varphi$  - preset bearing determination error, MN-channel unit for generating set of information parameters for total process (S+I), MN-channel unit for extracting from current values of total random process (S+I) current interference values (I), MN-channel unit generating a set of information parameters for interference (I), MN-channel unit for averaging informative parameters for summary process (S+I), MN-channel unit for averaging informative parameters for interference (I), MN-channel signal-to-interference ratio (SIR) unit based on all information parameters, MN-channel comparator, N-channel time-angular distribution (TAD) generating unit in local coordinate system associated with combined receiver, N-channel formation unit (TAD) in geographic coordinate system, unit for generating (TAD) of hydroacoustic complex, N-channel detection subsystem comprising an N-channel unit for generating a set of

RU 2 739 000 C1

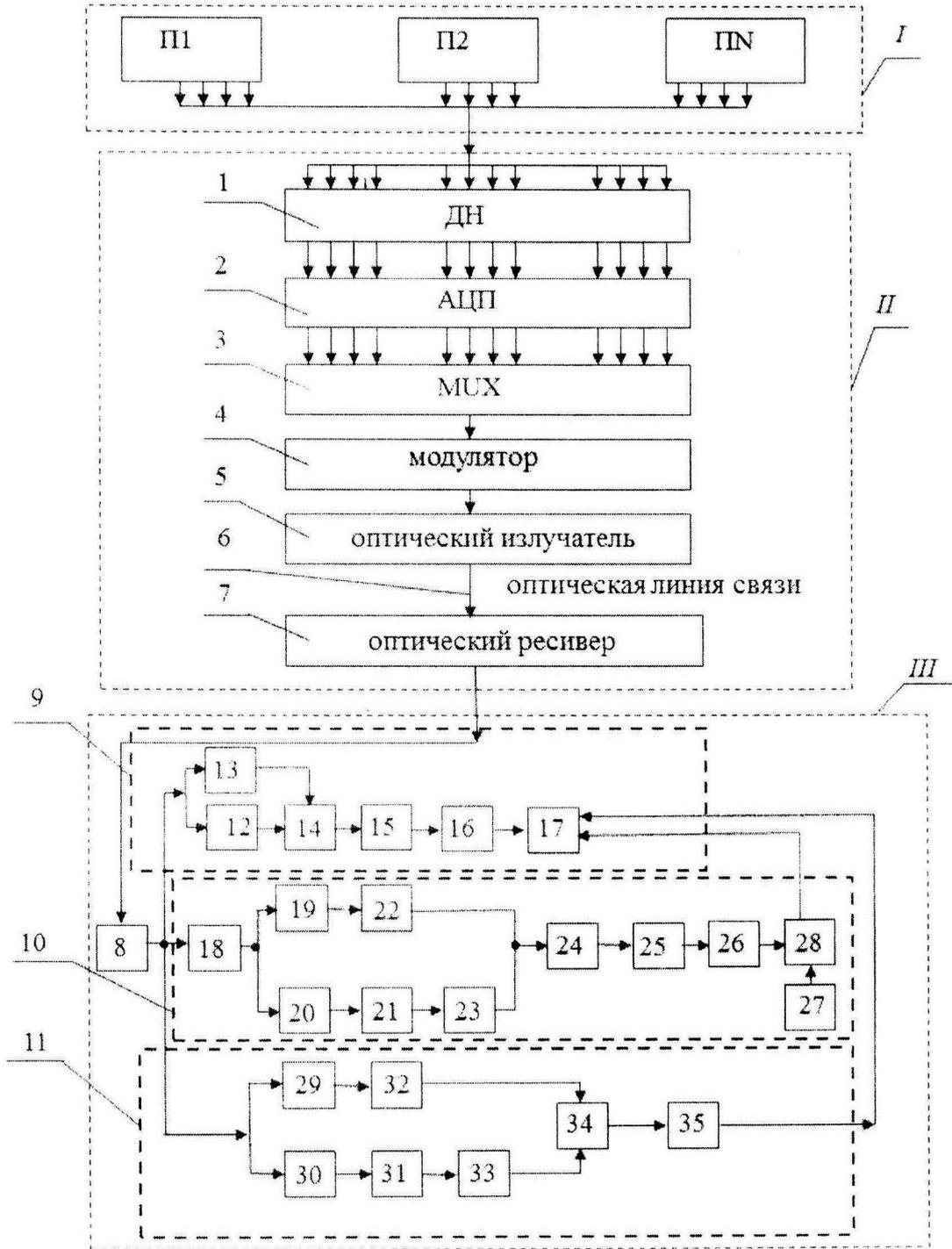
RU 2 739 000 C1

information parameters for the overall process (S+I), N-channel unit for extracting from current values of total random process (S+I) current values of interference (I), N-channel unit for generating a set of informative parameters for interference (I), N-channel unit for averaging information parameters for total process (S+I), N-channel unit for averaging informative parameters for interference (I), N-channel shaping unit (SIR) on all informative parameters, N-channel comparator, which in each channel allocates an informative

parameter, which corresponds to maximum value of  $(SIR)_{max}$ . It is decided to detect maximum  $(SIR)_{max}$  calculated in each channel of N-channel comparator by comparison with threshold value (SIR).

EFFECT: high accuracy of determining the azimuth angle on the sound source in shallow sea conditions and low frequencies, determining bearing on the sound source, as well as increasing the range of action of the complex in the mode of detecting the sound source.

1 cl, 2 dwg



ФИГ. 2

RU 2739000 C1

RU 2739000 C1

Изобретение относится к гидроакустике и может быть использовано для обнаружения движущегося подводного источника звука, измерения азимутального угла на источник звука и горизонта источника звука в мелком море с помощью акустических приемников, координаты которых и угловое положение считаются известными.

5 Общеизвестен способ определения азимутального угла и угла места подводного источника звука (Гордиенко В.А., Ильичев В.И., Захаров Л.Н. Векторно-фазовые методы в акустике. М: Наука, 1989. 223 с.). В этом способе с помощью комбинированного приемника, содержащего канал звукового давления и три векторных канала, измеряются три компоненты вектора интенсивности, а азимутальный угол на  
10 источник звука и угол места в локальной координатной системе, связанной с комбинированным приемником, определяются формулами

$$\varphi = \operatorname{arctg}\left(\frac{I_y}{I_x}\right), \theta = \operatorname{arctg}\left(\frac{I_z}{I_r}\right), I_r = (I_x^2 + I_y^2)^{1/2}, \quad (1)$$

15 где  $\varphi$ ,  $\theta$  - азимутальный угол и угол места,  $I_x$ ,  $I_y$ ,  $I_z$  - компоненты вещественной составляющей вектора интенсивности.

Однако погрешность определения азимутального угла и угла места по формулам (1) достаточно велика, и особенно, в условиях мелкого моря и низких частот. Объясняется это тем, что комбинированный приемник является точечным приемником  
20 с дипольной характеристикой направленности в векторных каналах, а его помехоустойчивость, которая также влияет на погрешность определения азимутального угла и угла места по формулам (1), невелика и оценивается в 5-6 дБ. Кроме того, в условиях мелкого моря и низких частот вектор интенсивности приобретает вихревую составляющую, которая существенно влияет на компоненты суммарного вектора  
25 интенсивности и на их отношение. Следовательно, она влияет и на погрешность определения азимутального угла и угла места по формулам (1), которые справедливы только для условий свободного пространства (глубокого моря), когда вектор интенсивности содержит только потенциальную составляющую.

Известен способ обнаружения шумящего объекта в мелком море (Патент РФ  
30 №2700797, МПК, G01S 15/04, опубликован 23.09.2019 г., бюлл. №27), в котором для увеличения дальности обнаружения шумящего объекта предложено использование приемной системы, которая обладает повышенной помехоустойчивостью и направленностью в условиях мелкого моря на любых сколь угодно низких частотах. В этом способе принимают шумовой сигнал комбинированным приемником, вычисляют  
35 и усредняют за заранее определенный интервал  $T_1$  в каждом частотном канале, сформированном в результате частотно-временной обработки принятых шумовых сигналов, комплексные амплитуды звукового давления, трех компонент вектора колебательной скорости, трех компонент вектора интенсивности для суммарного случайного процесса сигнал плюс помеха (С+П), выделяют из текущих значений суммарного случайного процесса (С+П) текущие значения помехи (П), вычисляют и усредняют за заранее определенный временной интервал  $T_1$  комплексные амплитуды  
40 звукового давления, трех компонент вектора колебательной скорости, трех компонент вектора интенсивности для помехи (П), формируют в каждом частотном канале с использованием смешанных аддитивно-мультипликативных алгоритмов обработки 8 пространственных каналов в горизонтальной плоскости для горизонтальной компоненты комплексного вектора интенсивности, 2 пространственных канала в вертикальной плоскости для вертикальной компоненты комплексного вектора

интенсивности, 4 пространственных канала в горизонтальной плоскости для горизонтальной компоненты ротора вектора интенсивности, 1 пространственный канал в вертикальной плоскости для вертикальной компоненты ротора вектора интенсивности, вычисляют и усредняют за время  $T_1$  в каждом частотном канале набор из 32

5 информативных параметров, включающий квадрат звукового давления, квадраты 3 вещественных компонент вектора градиента давления и квадраты 3 мнимых компонент вектора градиента давления в локальной системе координат, связанной с комбинированным приемником, комплексные амплитуды 10 компонент вектора интенсивности в 10 сформированных пространственных каналах, 5 вещественных амплитуд 5 компонент ротора вектора интенсивности в 5 сформированных пространственных каналах для суммарного процесса (С+П), вычисляют и усредняют за время  $T_1$  в каждом частотном канале набор из 32 информативных параметров, включающий квадрат звукового давления, квадраты 3 вещественных компонент вектора градиента давления и квадраты 3 мнимых компонент вектора градиента давления в локальной системе координат, связанной с комбинированным приемником, комплексные амплитуды 10 компонент вектора интенсивности в 10 сформированных пространственных каналах, 5 вещественных амплитуд 5 компонент ротора вектора интенсивности в 5 сформированных пространственных каналах для помехи (П), нормируют 32 информативных параметра, усредненных за время  $T_1$ , вычисленные для суммарного процесса (С+П), на соответствующие значения 32 информативных параметров, усредненных за время  $T_1$ , вычисленных для помехи (П), и определяют в каждом частотном канале отношение сигнал-помеха (ОСП) по каждому информативному параметру, вычисляют в каждом частотном канале максимальное (ОСП)<sub>max</sub>, из суммарного набора 32 (ОСП), вычисленных для 32 информативных параметров, усредненных за время  $T_1$ , принимают в качестве модельной статистики поля помехи в канале звукового давления и в каналах вектора колебательной скорости гауссову статистику, принимают в качестве модельной статистики поля помехи в каналах вектора интенсивности лапласову статистику, вычисляют на основе принятых статистик аналитическую зависимость вероятность правильного обнаружения при заданной вероятности ложной тревоги от порогового (ОСП) по методу максимального правдоподобия, принимают решение об обнаружении путем сравнения с пороговым значением (ОСП) максимального (ОСП)<sub>max</sub>, вычисленного из набора 32 нормированных (ОСП).

В этом способе за счет обработки всей скалярно - векторной информации в сформированных пространственных каналах значительно увеличены (ОСП)<sub>max</sub> (до 20-25дБ) на выходе комбинированного приемника, его помехоустойчивость и дальность обнаружения шумящих объектов. Недостатком этого способа является то, что сам способ увеличения помехоустойчивости приемной системы и, соответственно, (ОСП) на ее выходе в результате обработки всей скалярно - векторной информации не был использован для увеличения точности определения азимутального угла и угла места шумящего объекта.

Также известен гидроакустический комплекс для измерения азимутального угла на источник звука и горизонта источника звука в мелком море в пассивном режиме (Патент РФ №2629689, МПК, G01S 15/04, опубликован 23.09.2019 г., бюлл. №27), содержащий N акустических комбинированных приемников, образующих донную вертикально ориентированную эквидистантную антенну, в которой расстояние между

комбинированными приемниками равно заданной погрешности определения вертикальной координаты (горизонта) источника звука  $\Delta z$ , число приемников  $N=H/\Delta z$  (где  $H$ -глубина моря), а каждый комбинированный приемник состоит из гидрофона, трехкомпонентного векторного приемника и соединенных с ними усилителей, телеметрический блок, вход которого соединен с выходом акустических комбинированных приемников, включающий делители напряжения, аналого-цифровую преобразующую схему, единую схему электронного мультиплексирования, модулятор и оптический излучатель, связанный оптической линией связи с оптическим ресивером, а также систему сбора, обработки и отображения информации, содержащую  $N$ -канальный блок сбора обработки и отображения информации, вход которого соединен с выходом оптического ресивера, устройство доступа к цифровым сетям передачи данных,  $N$ -канальный блок вычисления вертикальной компоненты вектора интенсивности, вход которого соединен с выходом блока сбора, обработки и отображения информации,  $N$ -канальный блок квадратичных детекторов вертикальной компоненты вектора колебательной скорости, вход которого соединен с выходом блока сбора, обработки и отображения информации,  $N$ -канальный блок формирования направленности по вертикальному потоку мощности, первый вход которого соединен с выходом блока вычисления вертикальной компоненты вектора интенсивности, второй вход соединен с выходом блока квадратичных детекторов вертикальной компоненты вектора колебательной скорости,  $N$ -канальный блок интеграторов, вход которого соединен с первым выходом блока формирования направленности по вертикальному потоку мощности, блок определения максимума вертикальной компоненты вектора интенсивности, вход которого соединен с выходом блока интеграторов, а выход соединен с первым входом устройства доступа к цифровым сетям передачи данных,  $N$ -канальный блок вычисления горизонтальных компонент вектора интенсивности, вход которого соединен с выходом блока сбора, обработки и отображения информации,  $N$ -канальный блок вычисления азимутального угла, вход которого соединен с первым выходом  $N$ -канального блока вычисления горизонтальных компонент вектора интенсивности, блок вычисления усредненного азимутального угла, первый вход которого соединен с выходом  $N$ -канального блока вычисления азимутального угла, второй вход соединен со вторым выходом  $N$ -канального блока вычисления горизонтальных компонент вектора интенсивности, а выход соединен со вторым входом устройства доступа к цифровым сетям передачи данных, причем усредненный азимутальный угол определяется по формуле

$$\langle \varphi \rangle = \sum_{n=1}^N \varphi_n \frac{I_{xn}^2 + I_{yn}^2}{I^2}, I^2 = \sum_{n=1}^N (I_{xn}^2 + I_{yn}^2), \varphi_n = \arctg \left( \frac{I_{yn}}{I_{xn}} \right) \quad (2)$$

где  $\varphi_n, I_{xn}, I_{yn}$  - азимутальный угол и компоненты вектора интенсивности, относящиеся к  $n$ -у акустическому комбинированному приемнику, а за горизонт источника звука принимается горизонт акустического комбинированного приемника, которому соответствует максимум вертикальной компоненты вектора интенсивности, определяемый в блоке определения максимума вертикальной компоненты вектора интенсивности.

Кроме того, в систему сбора, обработки и отображения информации введен сумматор, вход которого соединен со вторым выходом  $N$ -канального блока формирования направленности по вертикальному потоку мощности, анализатор спектра комплексной огибающей, вход которого соединен с выходом сумматора, вычислитель максимума комплексной огибающей, вход которого соединен с выходом анализатора спектра

комплексной огибающей, а выход соединен с третьим входом устройства доступа к цифровым сетям передачи данных, а в качестве признака обнаружения движущегося источника звука принимается степень превышения максимума спектра комплексной огибающей вертикальной компоненты вектора интенсивности, принимаемая в качестве  
5 предварительно определенного порога обнаружения, над уровнем спектральной плотности фоновой шумовой помехи. Это техническое устройство является наиболее близким к предлагаемому изобретению и выбрано в качестве прототипа.

Недостатком такого гидроакустического комплекса является сравнительно большая погрешность определения азимутального угла на источник звука по алгоритмам (1)-  
10 (2) в условиях мелкого моря и низких частот и сравнительно малая дальность действия в режиме обнаружения источника звука, обусловленная малой помехоустойчивостью одиночного акустического комбинированного приемника.

Задачей настоящего изобретения является увеличение точности определения азимутального угла на источник звука в условиях мелкого моря и низких частот,  
15 определение пеленга на источник звука, а также увеличение дальности действия комплекса в режиме обнаружения источника звука. Для достижения указанной задачи в гидроакустический комплекс, содержащий  $N$  акустических комбинированных приемников, образующих донную вертикально ориентированную эквидистантную антенну, в которой расстояние между комбинированными приемниками равно заданной  
20 погрешности определения вертикальной координаты (горизонта) источника звука  $\Delta z$ , число приемников  $N = H / \Delta z$  (где  $H$  - глубина моря), каждый комбинированный приемник состоит из гидрофона, трехкомпонентного векторного приемника и соединенных с ними усилителей, телеметрический блок, вход которого соединен с выходом акустических комбинированных приемников, включающий делители напряжения, аналого-цифровую  
25 преобразующую схему, единую схему электронного мультиплексирования, модулятор и оптический излучатель, связанный оптической линией связи с оптическим ресивером, а также систему сбора, обработки и отображения информации с  $N$ -канальной подсистемой определения горизонта источника, содержащей  $N$ -канальный блок сбора и первичной обработки информации, вход которого соединен с выходом оптического ресивера, устройство доступа к цифровым сетям передачи данных,  $N$ -канальный блок  
30 вычисления вертикальной компоненты вещественной составляющей вектора интенсивности, вход которого соединен с выходом блока сбора и первичной обработки информации,  $N$ -канальный блок квадратичных детекторов вертикальной компоненты вектора колебательной скорости, вход которого соединен с выходом блока сбора и  
35 первичной обработки информации,  $N$ -канальный блок формирования направленности по вертикальному потоку мощности, первый вход которого соединен с выходом блока вычисления вертикальной компоненты вещественной составляющей вектора интенсивности, второй вход соединен с выходом блока квадратичных детекторов вертикальной компоненты вектора колебательной скорости,  $N$ -канальный блок  
40 интеграторов, вход которого соединен с первым выходом блока формирования направленности по вертикальному потоку мощности, блок определения максимума вертикальной компоненты вещественной составляющей вектора интенсивности, вход которого соединен с выходом блока интеграторов, а выход соединен с первым входом устройства доступа к цифровым сетям передачи данных, причем за горизонт источника  
45 звука принимается горизонт акустического комбинированного приемника, которому соответствует максимум вертикальной компоненты вещественной составляющей вектора интенсивности, определяемый в блоке определения максимума вертикальной компоненты вещественной составляющей вектора интенсивности, дополнительно

введены

N-канальная подсистема пеленгования, содержащая N-канальный блок формирования  
 М пространственных каналов в каждом из N каналов, причем  $M=360^\circ/\Delta\varphi$ , где  $\Delta\varphi$  -  
 заданная погрешность определения пеленга, вход которого соединен с выходом N-  
 5 канального блока сбора и первичной обработки информации, MN-канальный блок  
 формирования набора информативных параметров для суммарного процесса (С+П),  
 вход которого соединен с выходом N-канального блока формирования М  
 пространственных каналов, MN-канальный блок выделения из текущих значений  
 суммарного случайного процесса (С+П) текущих значений помехи (П), вход которого  
 10 соединен с выходом N-канального блока формирования М пространственных каналов,  
 MN-канальный блок формирования набора информативных параметров для помехи  
 (П), вход которого соединен с выходом MN-канального блока выделения из текущих  
 значений суммарного случайного процесса (С+П) текущих значений помехи (П), MN-  
 канальный блок усреднения информативных параметров для суммарного процесса  
 15 (С+П), вход которого соединен с выходом MN-канального блока формирования набора  
 информативных параметров для суммарного процесса (С+П), MN-канальный блок  
 усреднения информативных параметров для помехи (П), вход которого соединен с  
 выходом MN-канального блока формирования набора информативных параметров  
 для помехи (П), MN-канальный блок формирования (ОСП) по всем информативным  
 20 параметрам, вход которого соединен с выходами блоков усреднения информативных  
 параметров для суммарного процесса (С+П) и помехи (П), MN-канальный компаратор,  
 вход которого соединен с выходом MN-канального блока формирования (ОСП) по  
 всем информативным параметрам, N-канальный блок формирования время -углового  
 распределения (ВУР) в локальной системе координат, связанной с комбинированным  
 25 приемником, вход которого соединен с выходом MN-канального компаратора, компас  
 N-го канала, N-канальный блок формирования (ВУР) в географической системе  
 координат, первый вход которого соединен с выходом N-канального блока  
 формирования (ВУР) в локальной системе координат, а второй вход соединен с выходом  
 компаса N-го канала, блок формирования (ВУР) гидроакустического комплекса, вход  
 30 которого соединен с выходом N-канального блока формирования (ВУР) в  
 географической системе координат, а выход соединен со вторым входом устройства  
 доступа к цифровым сетям передачи данных,

N-канальная подсистема обнаружения, содержащая N-канальный блок формирования  
 набора информативных параметров для суммарного процесса (С+П), вход которого  
 35 соединен с выходом N-канального блока сбора и первичной обработки информации,  
 N-канальный блок выделения из текущих значений суммарного случайного процесса  
 (С+П) текущих значений помехи (П), вход которого соединен с выходом N-канального  
 блока сбора обработки и отображения информации, N-канальный блок формирования  
 набора информативных параметров для помехи (П), вход которого соединен с выходом  
 40 N-канального блока выделения из текущих значений суммарного случайного процесса  
 (С+П) текущих значений помехи (П), N-канальный блок усреднения информативных  
 параметров для суммарного процесса (С+П), вход которого соединен с выходом N-  
 канального блока формирования набора информативных параметров для суммарного  
 процесса (С+П), N-канальный блок усреднения информативных параметров для помехи  
 45 (П), вход которого соединен с выходом N-канального блока формирования набора  
 информативных параметров для помехи (П), N-канальный блок формирования (ОСП)  
 по всем информативным параметрам, вход которого соединен с выходами блоков  
 усреднения информативных параметров для суммарного процесса (С+П) и помехи (П),

N-канальный компаратор, вход которого соединен с выходом N-канального блока формирования (ОСП) по всем информативным параметрам, выделяющий в каждом канале информативный параметр, которому соответствует максимальное значение  $(\text{ОСП})_{\max}$ . принимают в качестве модельной статистики поля помехи в канале звукового давления и в каналах вектора колебательной скорости гауссову статистику, принимают в качестве модельной статистики поля помехи для квадратичных по полю информативных параметров лапласову статистику, вычисляют на основе принятых статистик аналитическую зависимость вероятность правильного обнаружения при заданной вероятности ложной тревоги от порогового (ОСП) по методу максимального правдоподобия, принимают решение об обнаружении путем сравнения с пороговым значением (ОСП) максимального  $(\text{ОСП})_{\max}$ , вычисленного в каждом канале N-канального компаратора.

В предлагаемом комплексе существенными признаками, общими с прототипом, являются

гидроакустический комплекс, содержащий N акустических комбинированных приемников, образующих донную вертикально ориентированную эквидистантную антенну, в которой расстояние между комбинированными приемниками равно заданной погрешности определения вертикальной координаты (горизонта) источника звука  $\Delta z$ , число приемников  $N = H / \Delta z$  (где H - глубина моря), каждый комбинированный приемник состоит из гидрофона, трехкомпонентного векторного приемника и соединенных с ними усилителей, телеметрический блок, вход которого соединен с выходом акустических комбинированных приемников, включающий делители напряжения, аналого-цифровую преобразующую схему, единую схему электронного мультиплексирования, модулятор и оптический излучатель, связанный оптической линией связи с оптическим ресивером, система сбора, обработки и отображения информации с N-канальной подсистемой определения горизонта источника, содержащей N канальный блок сбора и первичной обработки информации, вход которого соединен с выходом оптического ресивера, устройство доступа к цифровым сетям передачи данных, N-канальный блок вычисления вертикальной компоненты вектора интенсивности, вход которого соединен с выходом блока сбора, и первичной обработки информации, N-канальный блок квадратичных детекторов вертикальной компоненты вектора колебательной скорости, вход которого соединен с выходом блока сбора, обработки и отображения информации, N-канальный блок формирования направленности по вертикальному потоку мощности, первый вход которого соединен с выходом блока вычисления вертикальной компоненты вектора интенсивности, второй вход соединен с выходом блока квадратичных детекторов вертикальной компоненты вектора колебательной скорости, N-канальный блок интеграторов, вход которого соединен с первым выходом блока формирования направленности по вертикальному потоку мощности, блок определения максимума вертикальной компоненты вектора интенсивности, вход которого соединен с выходом блока интеграторов, а выход соединен с первым входом устройства доступа к цифровым сетям передачи данных.

Отличительными существенными признаками являются

N-канальная подсистема пеленгования, содержащая N-канальный блок формирования M пространственных каналов в каждом из N каналов, причем  $M = 360^\circ / \Delta \varphi$ , где  $\Delta \varphi$  - заданная погрешность определения пеленга, вход которого соединен с выходом N-канального блока сбора и первичной обработки информации, MN-канальный блок формирования набора информативных параметров для суммарного процесса (С+П),

вход которого соединен с выходом N-канального блока формирования М пространственных каналов, MN-канальный блок выделения из текущих значений суммарного случайного процесса (С+П) текущих значений помехи (П), вход которого соединен с выходом N-канального блока формирования М пространственных каналов, MN-канальный блок формирования набора информативных параметров для помехи (П), вход которого соединен с выходом MN-канального блока выделения из текущих значений суммарного случайного процесса (С+П) текущих значений помехи (П), MN-канальный блок усреднения информативных параметров для суммарного процесса (С+П), вход которого соединен с выходом MN-канального блока формирования набора информативных параметров для суммарного процесса (С+П), MN-канальный блок усреднения информативных параметров для помехи (П), вход которого соединен с выходом MN-канального блока формирования набора информативных параметров для помехи (П), MN-канальный блок формирования (ОСП) по всем информативным параметрам, вход которого соединен с выходами блоков усреднения информативных параметров для суммарного процесса (С+П) и помехи (П), MN-канальный компаратор, вход которого соединен с выходом MN-канального блока формирования (ОСП) по всем информативным параметрам, N-канальный блок формирования время -углового распределения (ВУР) в локальной системе координат, связанной с комбинированным приемником, вход которого соединен с выходом MN-канального компаратора, компас N-го канала, N-канальный блок формирования (ВУР) в географической системе координат, первый вход которого соединен с выходом N-канального блока формирования (ВУР) в локальной системе координат, а второй вход соединен с выходом компаса N-го канала, блок формирования (ВУР) гидроакустического комплекса, вход которого соединен с выходом N-канального блока формирования (ВУР) в географической системе координат, а выход соединен со вторым входом устройства доступа к цифровым сетям передачи данных,

N-канальная подсистема обнаружения, содержащая N-канальный блок формирования набора информативных параметров для суммарного процесса (С+П), вход которого соединен с выходом N-канального блока сбора и первичной обработки информации, N-канальный блок выделения из текущих значений суммарного случайного процесса (С+П) текущих значений помехи (П), вход которого соединен с выходом N-канального блока сбора обработки и отображения информации, N-канальный блок формирования набора информативных параметров для помехи (П), вход которого соединен с выходом N-канального блока выделения из текущих значений суммарного случайного процесса (С+П) текущих значений помехи (П), N-канальный блок усреднения информативных параметров для суммарного процесса (С+П), вход которого соединен с выходом N-канального блока формирования набора информативных параметров для суммарного процесса (С+П), N-канальный блок усреднения информативных параметров для помехи (П), вход которого соединен с выходом N-канального блока формирования набора информативных параметров для помехи (П), N-канальный блок формирования (ОСП) по всем информативным параметрам, вход которого соединен с выходами блоков усреднения информативных параметров для суммарного процесса (С+П) и помехи (П), N-канальный компаратор, вход которого соединен с выходом N-канального блока формирования (ОСП) по всем информативным параметрам, выделяющий в каждом канале информативный параметр, которому соответствует максимальное значение  $(ОСП)_{\max}$ , принимают решение об обнаружении путем сравнения с пороговым значением  $(ОСП)_{\max}$ , вычисленного в каждом канале N-

канального компаратора.

Таким образом, именно такая совокупность существенных признаков заявленного устройства позволяет уменьшить погрешность определения пеленга за счет формирования набора пространственных каналов с увеличенным (ОСП) в каждом пространственном канале, а также за счет использования процедуры усреднения пеленгов по набору  $N$  измерений пеленга в каждом канале. Использование при обработке полного набора информативных параметров, характеризующих звуковое поле в скалярно-векторном описании, позволяет увеличить помехоустойчивость комплекса и дальность действия в режиме обнаружения малошумных объектов.

Сущность изобретения поясняется чертежами, где на фиг. 1 представлена донная вертикально ориентированная эквидистантная антенна, схема расположения акустических комбинированных приемников и источника звука относительно локальной системы координат  $(x, y, z)$ , связанной с одним из комбинированных приемников. Там же показана система координат  $(\alpha, \beta, z)$ , повернутая на угол  $\phi_m$  относительно локальной системы координат  $(x, y, z)$ , и набор пространственных каналов с угловым разрешением  $\Delta\phi$ . На фиг. 2 представлена блок-схема гидроакустического измерительного комплекса.

Заявленный гидроакустический комплекс для обнаружения движущегося источника звука, измерения пеленга на источник звука и горизонта источника звука в мелком море содержит донную вертикально ориентированную эквидистантную антенну I, телеметрический блок II и систему III сбора, обработки и передачи информации.

Донная вертикально ориентированная эквидистантная антенна I образуется посредством  $N$  акустических комбинированных приемников, каждый из которых состоит из гидрофона, трехкомпонентного векторного приемника градиента давления и соединенных с ним усилителей (не чертеже не показаны). Геометрия расположения комбинированных приемников и источника звука относительно локальной системы координат, связанной с одним из комбинированных приемников, поясняется фиг. 1. Телеметрический блок II включает в себя делители напряжения 1, аналого-цифровую преобразующую схему 2, единую схему 3 электронного мультиплексирования, модулятор 4 и оптический излучатель 5, связанный оптической линией связи 6 с оптическим ресивером 7. Система III сбора, обработки и передачи информации включает в себя  $N$ -канальный блок 8 сбора и первичной обработки информации, вход которого соединен с выходом оптического ресивера 7,  $N$ -канальную подсистему 9 определения горизонта источника,  $N$ -канальную подсистему 10 пеленгования и  $N$ -канальную подсистему 11 обнаружения.

$N$ -канальная подсистема 9 определения горизонта источника включает в себя  $N$  канальный блок 12 сбора и первичной обработки информации, вход которого соединен с выходом блока 8 сбора, обработки и отображения информации,  $N$ -канальный блок 13 квадратичных детекторов вертикальной компоненты вектора колебательной скорости, вход которого соединен с выходом блока 8 сбора, обработки и отображения информации,  $N$ -канальный блок 14 формирования направленности по вертикальному потоку мощности, первый вход которого соединен с выходом блока 12 вычисления вертикальной компоненты вектора интенсивности, второй вход соединен с выходом блока 13 квадратичных детекторов вертикальной компоненты вектора колебательной скорости,  $N$ -канальный блок 15 интеграторов, вход которого соединен с первым выходом блока 14 формирования направленности по вертикальному потоку мощности, блок 16 определения максимума вертикальной компоненты вектора интенсивности, вход которого соединен с выходом блока 15 интеграторов, устройство 17 доступа к цифровым сетям передачи данных, первый выход которого соединен с выходом блока

16 определения максимума вертикальной компоненты вектора интенсивности.

N-канальная подсистема 10 пеленгования включает в себя N-канальный блок 18 формирования М пространственных каналов в каждом из N каналов, причем  $M=360^\circ/\Delta\varphi$ , где  $\Delta\varphi$  - заданная погрешность определения пеленга, вход которого соединен с выходом N-канального блока 8 сбора и первичной обработки информации, MN-канальный блок 19 формирования набора информативных параметров для суммарного процесса (С+П), вход которого соединен с выходом N-канального блока 18 формирования М пространственных каналов, MN-канальный блок 20 выделения из текущих значений суммарного случайного процесса (С+П) текущих значений помехи (П), вход которого соединен с выходом N-канального блока 18 формирования М пространственных каналов, MN-канальный блок 21 формирования набора информативных параметров для помехи (П), вход которого соединен с выходом MN-канального блока 20 выделения из текущих значений суммарного случайного процесса (С+П) текущих значений помехи (П), MN-канальный блок 19 усреднения информативных параметров для суммарного процесса (С+П), вход которого соединен с выходом MN-канального блока 16 формирования набора информативных параметров для суммарного процесса (С+П), MN-канальный блок 20 усреднения информативных параметров для помехи (П), вход которого соединен с выходом MN-канального блока 19 формирования набора информативных параметров для помехи (П), MN-канальный блок 23 формирования (ОСП) по всем информативным параметрам, вход которого соединен с выходами блоков 22, 23 усреднения информативных параметров для суммарного процесса (С+П) и помехи (П), MN-канальный компаратор 25, вход которого соединен с выходом MN-канального блока 24 формирования (ОСП) по всем информативным параметрам, N-канальный блок 26 формирования время - углового распределения (ВУР) в локальной системе координат, связанной с комбинированным приемником, вход которого соединен с выходом MN-канального компаратора 25, компас 27 N-го канала, N-канальный блок 28 формирования (ВУР) в географической системе координат, первый вход которого соединен с выходом N-канального блока 26 формирования (ВУР) в локальной системе координат, а второй вход соединен с выходом компаса 27 N-го канала, блок формирования (ВУР) гидроакустического комплекса, вход которого соединен с выходом N-канального блока формирования (ВУР) в географической системе координат, а выход соединен со вторым входом устройства 17 доступа к цифровым сетям передачи данных.

N-канальная подсистема 11 обнаружения включает в себя N-канальный блок 29 формирования набора информативных параметров для суммарного процесса (С+П), вход которого соединен с выходом N-канального блока 8 сбора и первичной обработки информации, N-канальный блок 30 выделения из текущих значений суммарного случайного процесса (С+П) текущих значений помехи (П), вход которого соединен с выходом N-канального блока 8 сбора обработки и отображения информации, N-канальный блока 31 формирования набора информативных параметров для помехи (П), вход которого соединен с выходом N-канального блока 30 выделения из текущих значений суммарного случайного процесса (С+П) текущих значений помехи (П), N-канальный блок 32 усреднения информативных параметров для суммарного процесса (С+П), вход которого соединен с выходом N-канального блока 29 формирования набора информативных параметров для суммарного процесса (С+П), N-канальный блок 33 усреднения информативных параметров для помехи (П), вход которого соединен с выходом N-канального блока 31 формирования набора информативных параметров для помехи (П), N-канальный блок 34 формирования (ОСП) по всем информативным

параметрам, вход которого соединен с выходами блоков 32, 33 усреднения информативных параметров для суммарного процесса (С+П) и помехи (П), N-канальный компаратор 35, вход которого соединен с выходом N-канального блока 34 формирования (ОСП) по всем информативным параметрам, выделяющий в каждом канале информативный параметр, которому соответствует максимальное значение  $(\text{ОСП})_{\max}$ , выход которого соединен с третьим входом устройства 17 доступа к цифровым сетям передачи данных.

Гидроакустический комплекс работает следующим образом.

Звуковая волна, излучаемая источником звука, принимается акустическими комбинированными приемниками, образующими донную вертикально ориентированную эквидистантную антенну I. Все сигналы с выходов акустических приемников поступают на вход телеметрического блока II, а после прохождения через делители напряжения 1, аналого-цифровую преобразующую схему 2 и единую схему 3 электронного мультиплексирования преобразуются в поток цифровой информации, поступающей через модулятор 4, оптический излучатель 5 и оптическую линию 6 связи на оптический ресивер 7. С выхода оптического ресивера 7 информация поступает в цифровом виде на вход блока 8 сбора, обработки и отображения информации, находящегося в системе III сбора, обработки и отображения информации. В блоке 8 сбора и первичной обработки информации сигналы вновь разделяются по отдельным каналам звукового давления и компонент вектора градиента давления (или вектора колебательной скорости). После применения быстрого преобразования Фурье (БПФ) сигналы поступают в виде соответствующих спектральных плотностей звукового давления  $p(\omega, r(t))$ , компонент вектора колебательной скорости  $v_x(\omega, r(t))$ ,  $v_y(\omega, r(t))$ ,  $v_z(\omega, r(t))$  и компонент вектора градиента давления  $g_x(\omega, r(t))$ ,  $g_y(\omega, r(t))$ ,  $g_z(\omega, r(t))$  в соответствующие подсистемы для последующей обработки.

С выхода блока 8 сигналы поступают в N канальный блок 12 вычисления вертикальной компоненты вещественной составляющей вектора интенсивности  $I_z(\omega, r(t))$  и в N канальный блок 13 квадратичных детекторов вертикальной компоненты вектора колебательной скорости с последующим формированием односторонне направленных вертикальных потоков мощности в N канальном блоке 14. Для формирования потоков мощности, направленных в сторону отрицательной оси z (от морского дна в сторону поверхности моря) используется алгоритм

$$I_{z,n}^- = -I_{z,n} + \gamma |v_{z,n}|^2; \gamma_n = \frac{\mu_{p,n}}{\mu_{v,n}} \quad (3)$$

где  $\mu_{p,n}$ ,  $\mu_{v,n}$  чувствительность канала звукового давления и канала вертикальной компоненты вектора колебательной скорости для n-го комбинированного приемника соответственно. Этот поток мощности не содержит потока мощности в поле помехи, направленного в сторону положительной оси z (от поверхности моря в сторону морского дна). Сформированные в блоке 14 односторонне направленные потоки мощности усредняются в N канальном блоке интеграторов 15, а затем подаются на вход блока 16 выбора максимального по уровню сигнала. Сигнал максимального уровня подается на вход устройства 17 устройства доступа к цифровым сетям передачи данных, а за горизонт источника принимается горизонт комбинированного приемника, которому соответствует максимальный уровень вертикальной компоненты вещественной составляющей вектора интенсивности.

Кроме того, сигналы с выхода блока 8 поступают в подсистему пеленгования на

вход блока 18 формирования М пространственных каналов в каждом из N каналов. В этом блоке происходит преобразование горизонтальных компонент вектора интенсивности  $v_{x,n}(\omega, r(t))$ ,  $v_{y,n}(\omega, r(t))$ , измеренных в локальной системе координат (x,y), связанной с n-ым комбинированным приемником, в компоненты  $v_{\alpha}(\omega, r(t))$ ,  $v_{\beta}(\omega, r(t))$  в повернутой на угол  $\varphi_m$  системе координат ( $\alpha, \beta$ ) по формулам

$$\begin{aligned} v_{\alpha, mn} &= v_{x,n} \cos \varphi_m + v_{y,n} \sin \varphi_m \\ v_{\beta, mn} &= -v_{x,n} \sin \varphi_m + v_{y,n} \cos \varphi_m \end{aligned} \quad (4)$$

$$\varphi_m = (m-1)\Delta\varphi, m \in (1, M), n \in (1, N)$$

где  $\varphi_m = (m-1)\Delta\varphi$ ,  $m=1-M$ ,  $\Delta\varphi$  - заданная погрешность определения пеленга. С выхода блока 18 сигналы поступают на вход MN-канального блока 19 формирования набора из 13 информативных параметров для суммарного процесса (С+П) по формулам

$$\begin{aligned} A_{1, mn} &= -I_{\alpha, mn} + \gamma_n |v_{\alpha, mn}|^2, A_{2, mn} = -Q_{\alpha, mn} + \gamma_n |v_{\alpha, mn}|^2, \\ A_{3, mn} &= |p_n|^2 - \gamma_n I_{\alpha, mn}, A_{4, mn} = |p_n|^2 - \gamma_n Q_{\alpha, mn}, \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} A_{5, mn} &= \left\{ A_{1, mn}^2 + \left( I_{z,n} + \gamma_n |v_{z,n}|^2 \right)^2 \right\}^{1/2}, A_{6, mn} = \left\{ A_{1, mn}^2 + \left( -I_{z,n} + \gamma_n |v_{z,n}|^2 \right)^2 \right\}^{1/2}, \\ A_{7, mn} &= \left\{ A_{2, mn}^2 + \left( Q_{z,n} + \gamma_n |v_{z,n}|^2 \right)^2 \right\}^{1/2}, A_{8, mn} = \left\{ A_{2, mn}^2 + \left( -Q_{z,n} + \gamma_n |v_{z,n}|^2 \right)^2 \right\}^{1/2}, \end{aligned}$$

$$A_{9, mn} = \left\{ A_{3, mn}^2 + \left( |p_n|^2 + \gamma_n I_{z,n} \right)^2 \right\}^{1/2}, A_{10, mn} = \left\{ A_{3, mn}^2 + \left( |p_n|^2 - \gamma_n I_{z,n} \right)^2 \right\}^{1/2},$$

$$A_{11, mn} = \left\{ A_{4, mn}^2 + \left( |p_n|^2 + \gamma_n Q_{z,n} \right)^2 \right\}^{1/2}, A_{12, mn} = \left\{ A_{4, mn}^2 + \left( |p_n|^2 - \gamma_n Q_{z,n} \right)^2 \right\}^{1/2}$$

$$A_{13, mn} = |v_{z,n}| |v_{\alpha, mn}| \cdot |\sin(\varphi_{z,n} - \varphi_{\alpha, mn})|.$$

$\bar{I}_c = \bar{I} + i\bar{Q}$ ;  $\bar{I}, \bar{Q}$  - вещественная и мнимая составляющие комплексного вектора интенсивности.

Сформированные в блоке 19 информативные параметры полностью характеризуют структуру односторонне направленных потоков мощности в плоскости (r,z) в каждом пространственном канале с учетом присутствия вихревой составляющей вектора интенсивности. Вихревая составляющая вектора интенсивности вносит существенный вклад в суммарное поле вектора интенсивности в условиях мелкого моря и низких частот. Сигналы с выхода блока 18 поступают на вход MN-канального блока 20 выделения из текущих значений суммарного случайного процесса (С+П) текущих значений помехи (П). В качестве достаточно общего алгоритма выделения помехи (П) из суммарного процесса (С+П) можно использовать следующий алгоритм

$$A_N(f_0, t) = \frac{1}{L} \sum_{f_0 - \Delta f_0}^{f_0 + \Delta f_0} a_i A_{S+N}(f_i, t), \quad (6)$$

$$f_i = f_0 \pm \Delta f_0 \frac{2i}{L}, \quad L = \frac{2\Delta f_0}{\Delta f}, \quad i \in (1, \frac{L}{2}), \quad a_i = \sin \pi \frac{2i}{L},$$

$2\Delta f_0$  - ширина окна Хэмминга.

где  $f_0$  - средняя частота частотного канала,  $\Delta f_0$  - варьируемый параметр, примерно на порядок превышающий ширину дискретной составляющей  $\Delta f$  в спектре суммарного процесса (сигнал плюс помеха),  $A_{\Pi}(f_0, t)$ ,  $A_{C+\Pi}(f_0, t)$ , параметры звукового поля (звуковое давление, компоненты вектора колебательной скорости и вектора градиента давления) для помехи ( $\Pi$ ) и для суммарного процесса ( $C+\Pi$ ),  $L$  число усредняемых спектральных отсчетов.

С выхода блока 20 выделения помехи ( $\Pi$ ) из суммарного случайного процесса ( $C+\Pi$ ) сигналы поступают в  $MN$  канальный блок 21 вычисления полного набора информативных параметров  $A_i$  ( $i=1-13$ ) для помехи ( $\Pi$ ) по формулам (5).

Сформированные в блоках 22, 24 наборы информативных параметров для суммарного процесса ( $C+\Pi$ ) и для помехи ( $\Pi$ ) усредняются во временной области окном Хэмминга в  $MN$  канальных блоках 22, 23 соответственно и поступают на вход  $MN$  канального блока 24 определения отношения сигнал-помеха (ОСП) по каждому информативному параметру.

Сформированные в блоке 24 значения (ОСП) по каждому информативному параметру поступают на вход  $MN$  канального компаратора 25, в котором выбирается информативный параметр, которому соответствует максимальное значение  $(ОСП)_{\max}$  из набора 13 информативных параметров. Использование набора информативных параметров, а не одного параметра, как в случае приемника звукового давления, позволяет существенно увеличить значение (ОСП) в каждом пространственном канале и, соответственно, уменьшить погрешность определения азимутального угла в каждом пространственном канале. Сигналы с выхода  $MN$  канального компаратора 25 поступают на вход  $N$  канального блока 26 формирования время - углового распределения  $(ВУР)_n$  принятых сигналов во всем диапазоне изменения азимутальных углов в локальной системе координат, связанной с каждым приемником. Эти сигналы поступают на вход блока 28 формирования  $(ВУР)$  принятых сигналов во всем диапазоне изменения усредненных пеленгов на шумящий объект, на второй вход которого поступают сигналы от  $N$  блоков-компасов 27. Компасы 27 определяют положение локальной системы координат  $n$ -го приемника относительно географической системы координат по формулам

$$\phi_n = \varphi_{n0} - \varphi_n$$

где  $\varphi_n$  - пеленг на шумящий объект в географической системе координат,  $\varphi_{n0}$  - угловое положение оси  $X$  локальной системы координат  $n$ -го приемника относительно севера по показаниям  $n$ -го компаса. Усредненный пеленг в блоке 28 определяется по формулам усреднения с весом, а в качестве весовых коэффициентов используются значения  $(ОСП)_{\max, n}$ .

$$\phi = \frac{1}{N} \sum_n \phi_n \frac{(ОСП)_{\max, n}}{(ОСП)_{\max, \Sigma}}; (ОСП)_{\max, \Sigma} = \sum_n (ОСП)_{\max, n} \quad (7)$$

Усредненные пеленги в виде усредненного  $(ВУР)$  поступают на второй вход устройства 17 доступа к цифровым сетям передачи данных.

Кроме того, сигналы с выхода  $N$  канального блока 8 поступают в подсистему обнаружения на вход  $N$  канального блока 29 формирования набора информативных параметров для суммарного процесса ( $C+\Pi$ ) и на вход  $N$  канального блока 30 выделения из текущих значений суммарного случайного процесса ( $C+\Pi$ ) текущих значений помехи ( $\Pi$ ), с выхода которого сигналы поступают на вход  $N$  канального блока 31

формирования набора информативных параметров для помехи (П). В подсистеме обнаружения полный набор 16 информативных параметров формируется из следующих величин:  $V_1=|p|^2$ ,  $V_2=I_x$ ,  $V_3=I_y$ ,  $V_4=I_z$ ,  $V_5=Q_x$ ,  $V_6=Q_y$ ,  $V_7=Q_z$ ,  $V_8=\text{rot}_x I$ ,  $V_9=\text{rot}_y I$ ,  $V_{10}=\text{rot}_z I$ ,

5  $V_{11}=g_{1x}^2$ ,  $V_{12}=g_{1y}^2$ ,  $V_{13}=g_{1z}^2$ ,  $V_{14}=g_{2x}^2$ ,  $V_{15}=g_{2y}^2$ ,  $V_{16}=g_{2z}^2$ ,  $p=p_1+ip_2$ ,  $g=g_1+ig_2$ ,

где  $g$ -компоненты вектора градиента давления.

Сигналы с выхода блоков 29, 31 усредняются во временной области окном Хэмминга в блоках 32, 33 и поступают на вход  $N$  канального блока 34 формирования (ОСП) по всем информативным параметрам. С выхода блока 34 поступают на вход  $N$  канального компаратора 35, в котором выбирается информативный параметр, которому  
10 соответствует максимальное значение (ОСП) $_{\max}$ . На выходе  $N$  канального компаратора формируется 3D-сонограмма в координатах частота в заданном рабочем диапазоне частот – время - нормированный уровень сигнала (дБ). Информация в виде 3D-сонограмм для каждого комбинированного приемника подается на третий вход  
15 устройства 14 доступа к цифровым сетям передачи данных, а решение об обнаружении принимается путем сравнения с пороговым значением (ОСП) максимального (ОСП) $_{\max}$ , вычисленного в одном из каналов  $N$ -канального компаратора.

#### (57) Формула изобретения

20 Гидроакустический комплекс, содержащий  $N$  акустических комбинированных приемников, образующих донную вертикально ориентированную эквидистантную антенну, в которой расстояние между комбинированными приемниками равно заданной погрешности определения вертикальной координаты (горизонта) источника звука  $\Delta z$ , число приемников  $N=N/\Delta z$  (где  $N$  - глубина моря), каждый комбинированный приемник  
25 состоит из гидрофона, трехкомпонентного векторного приемника и соединенных с ними усилителей; телеметрический блок, вход которого соединен с выходом акустических комбинированных приемников, включающий делители напряжения, аналого-цифровую преобразующую схему, единую схему электронного мультиплексирования, модулятор и оптический излучатель, связанный оптической линией связи с оптическим ресивером,  
30 систему сбора, обработки и отображения информации с  $N$ -канальной подсистемой определения горизонта источника, содержащей  $N$ -канальный блок сбора и первичной обработки информации, вход которого соединен с выходом оптического ресивера, устройство доступа к цифровым сетям передачи данных,  $N$ -канальный блок вычисления вертикальной компоненты вектора интенсивности, вход которого соединен с выходом  
35 блока сбора и первичной обработки информации,  $N$ -канальный блок квадратичных детекторов вертикальной компоненты вектора колебательной скорости, вход которого соединен с выходом блока сбора и первичной обработки информации,  $N$ -канальный блок формирования направленности по вертикальному потоку мощности, первый вход которого соединен с выходом блока вычисления вертикальной компоненты вектора  
40 интенсивности, второй вход соединен с выходом блока квадратичных детекторов вертикальной компоненты вектора колебательной скорости,  $N$ -канальный блок интеграторов, вход которого соединен с первым выходом блока формирования направленности по вертикальному потоку мощности, блок определения максимума вертикальной компоненты вектора интенсивности, вход которого соединен с выходом  
45 блока интеграторов, а выход соединен с первым входом устройства доступа к цифровым сетям передачи данных, причем за горизонт источника звука принимается горизонт акустического комбинированного приемника, которому соответствует максимум вертикальной компоненты вектора интенсивности, определяемый в блоке определения

максимума вертикальной компоненты вектора интенсивности, отличающийся тем, что в него дополнительно введены N-канальная подсистема пеленгования, содержащая N-канальный блок формирования M пространственных каналов в каждом из N каналов, причем  $M=360^\circ/\Delta\varphi$ , где  $\Delta\varphi$  - заданная погрешность определения пеленга, вход которого  
5 соединен с выходом N-канального блока сбора и первичной обработки информации, MN-канальный блок формирования набора информативных параметров для суммарного процесса сигнал плюс помеха (С+П), вход которого соединен с выходом N-канального блока формирования M пространственных каналов, MN-канальный блок выделения из текущих значений суммарного случайного процесса (С+П) текущих значений помехи  
10 (П), вход которого соединен с выходом N-канального блока формирования M пространственных каналов, MN-канальный блок формирования набора информативных параметров для помехи (П), вход которого соединен с выходом MN-канального блока выделения из текущих значений суммарного случайного процесса (С+П) текущих значений помехи (П), MN-канальный блок усреднения информативных параметров для суммарного процесса (С+П), вход которого соединен с выходом MN-канального блока формирования набора информативных параметров для суммарного процесса (С+П), MN-канальный блок усреднения информативных параметров для помехи (П), вход которого соединен с выходом MN-канального блока формирования набора информативных параметров для помехи (П), MN-канальный блок формирования отношения сигнал-помеха (ОСП) по всем информативным параметрам, вход которого соединен с выходами блоков усреднения информативных параметров для суммарного процесса (С+П) и помехи (П), MN-канальный компаратор, вход которого соединен с выходом MN-канального блока формирования (ОСП) по всем информативным параметрам, N-канальный блок формирования время-углового распределения (ВУР)  
25 в локальной системе координат, связанной с комбинированным приемником, вход которого соединен с выходом MN-канального компаратора, компас N-го канала, N-канальный блок формирования (ВУР) в географической системе координат, первый вход которого соединен с выходом N-канального блока формирования (ВУР) в локальной системе координат, а второй вход соединен с выходом компаса N-го канала,  
30 блок формирования (ВУР) гидроакустического комплекса, вход которого соединен с выходом N-канального блока формирования (ВУР) в географической системе координат, а выход соединен со вторым входом устройства доступа к цифровым сетям передачи данных, N-канальная подсистема обнаружения, содержащая N-канальный блок формирования набора информативных параметров для суммарного процесса (С+П), вход которого соединен с выходом N-канального блока сбора и первичной обработки информации, N-канальный блок выделения из текущих значений суммарного случайного процесса (С+П) текущих значений помехи (П), вход которого соединен с выходом N-канального блока сбора обработки и отображения информации, N-канальный блок формирования набора информативных параметров для помехи (П), вход которого соединен с выходом N-канального блока выделения из текущих значений суммарного случайного процесса (С+П) текущих значений помехи (П), N-канальный блок усреднения информативных параметров для суммарного процесса (С+П), вход которого соединен с выходом N-канального блока формирования набора информативных параметров для суммарного процесса (С+П), N-канальный блок усреднения информативных параметров для помехи (П), вход которого соединен с выходом N-канального блока формирования набора информативных параметров для помехи (П), N-канальный блок формирования (ОСП) по всем информативным параметрам, вход которого соединен с выходами блоков усреднения информативных параметров для суммарного процесса

(С+П) и помехи (П), N-канальный компаратор, вход которого соединен с выходом N-канального блока формирования (ОСП) по всем информативным параметрам, выделяющий в каждом канале информативный параметр, которому соответствует максимальное значение  $(\text{ОСП})_{\max}$ . принимают в качестве модельной статистики поля помехи в канале звукового давления и в каналах вектора колебательной скорости гауссову статистику, принимают в качестве модельной статистики поля помехи для квадратичных по полю информативных параметров лапласову статистику, вычисляют на основе принятых статистик аналитическую зависимость вероятность правильного обнаружения при заданной вероятности ложной тревоги от порогового (ОСП) по методу максимального правдоподобия, принимают решение об обнаружении путем сравнения с пороговым значением (ОСП) максимального  $(\text{ОСП})_{\max}$ , вычисленного в каждом канале N-канального компаратора.

15

20

25

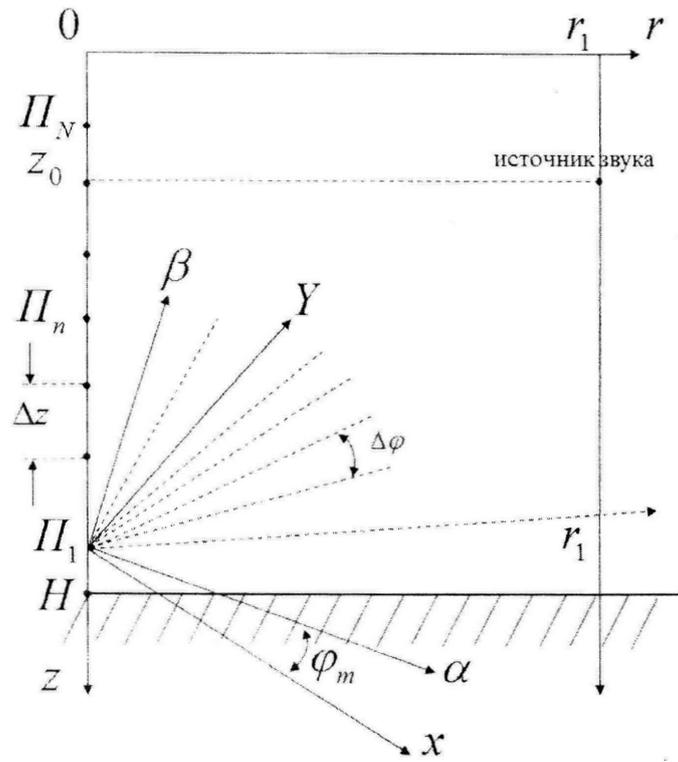
30

35

40

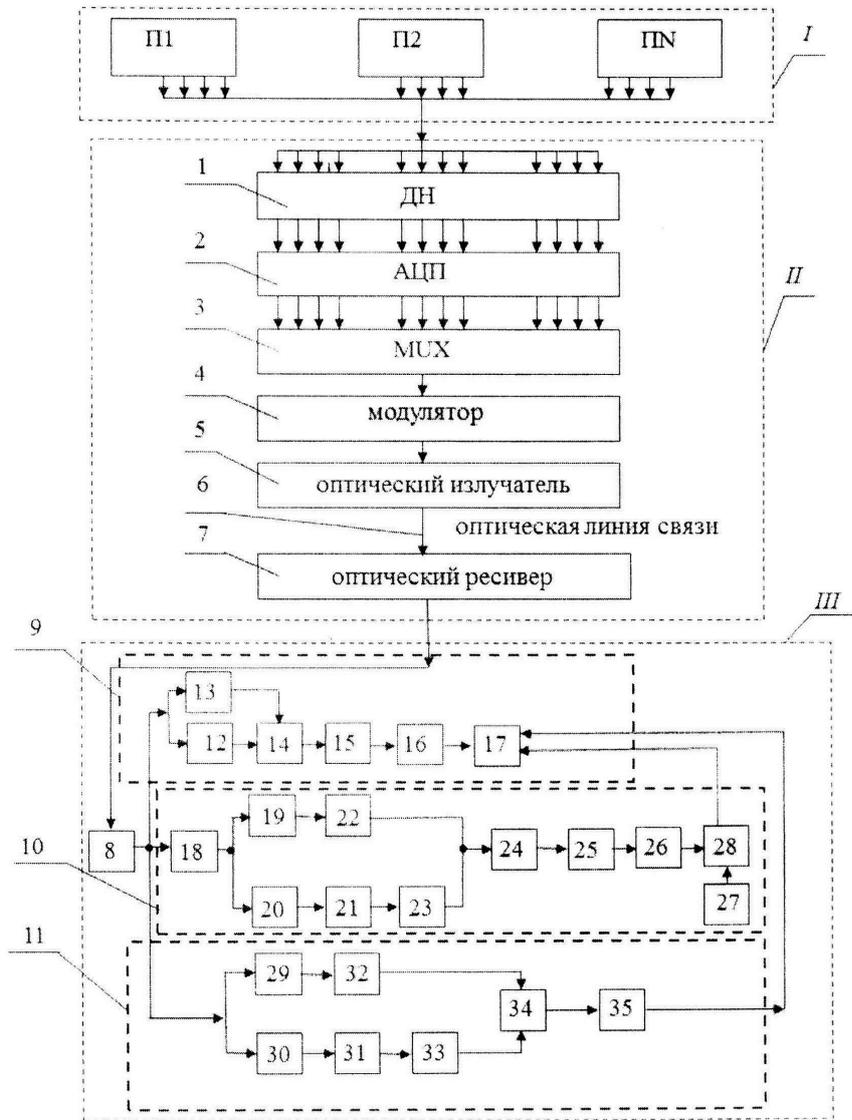
45

1



ФИГ. 1

2



ФИГ. 2