



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2016124216, 17.06.2016

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
17.06.2016Дата регистрации:  
14.08.2017

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 17.06.2016

(45) Опубликовано: 14.08.2017 Бюл. № 23

Адрес для переписки:

197376, Санкт-Петербург, Чкаловский пр., 46,  
АО "Концерн "Океанприбор"

(72) Автор(ы):

Тимошенко Валерий Григорьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Акционерное Общество "Концерн  
"Океанприбор" (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2460093 C1, 27.08.2012. RU  
2081434 C1, 10.06.1997. RU 2037848 C1,  
19.06.1995. WO 2013110389 A1, 01.08.2013. US  
4464738 A1, 07.08.1984.**(54) СПОСОБ ОБНАРУЖЕНИЯ ОБЪЕКТА И ИЗМЕРЕНИЯ ЕГО ПАРАМЕТРОВ**

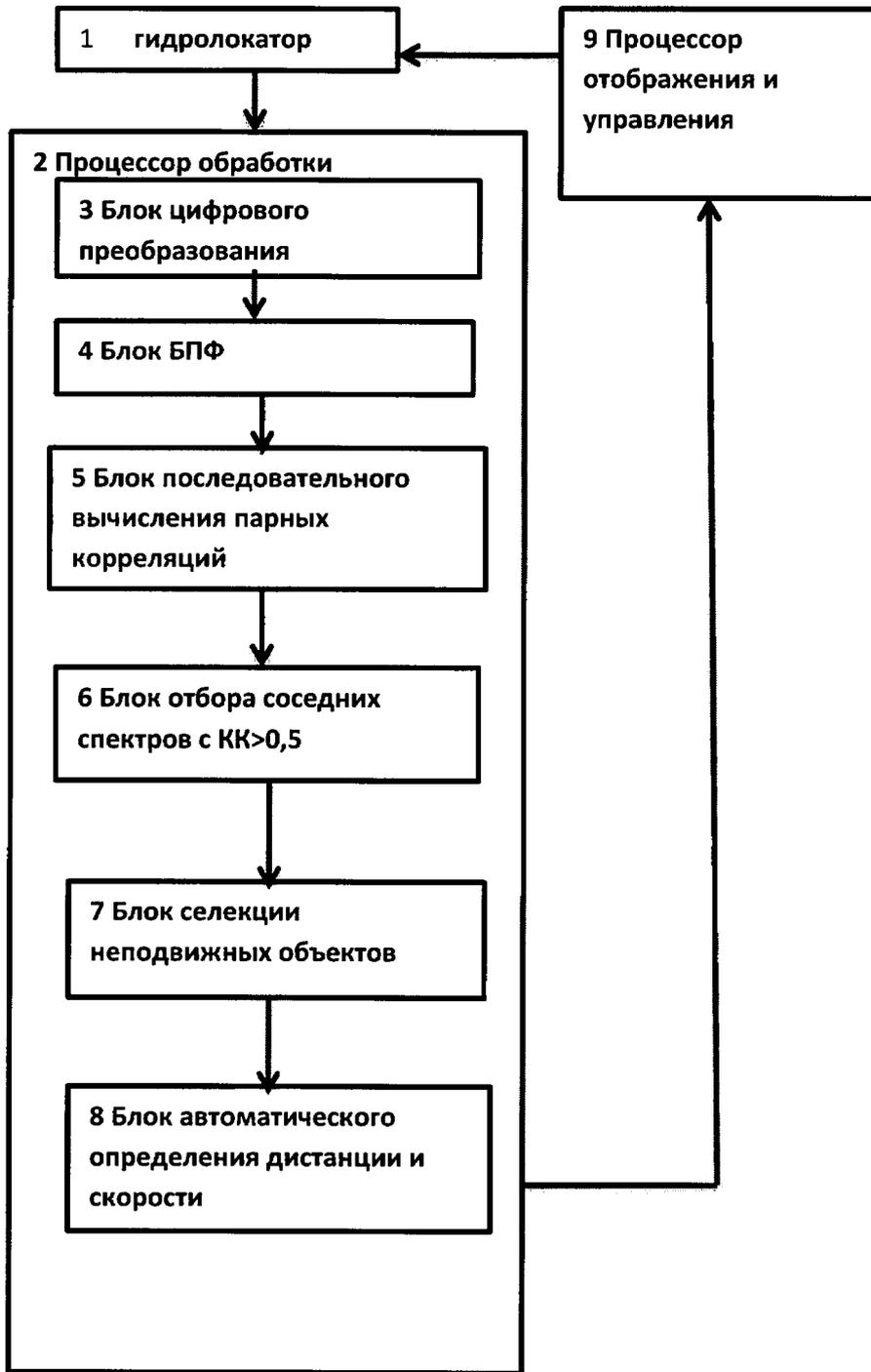
(57) Реферат:

Изобретение относится к области гидроакустики и может быть использовано для построения систем автоматического обнаружения эхосигналов, принятых гидролокатором на фоне шумовой и реверберационной помехи и измерения параметров, объекта. Способ измерения дистанции содержит излучение зондирующего сигнала, прием эхосигнала, дискретизацию принятой временной реализации эхосигнала, набор временной реализации дискретизированных отсчетов длительностью T, определение спектра набранной временной реализации, производят последовательные наборы следующих временных реализаций длительностью T, сдвинутой на время T/4, определяют спектр набранной временной реализации, определяют порог, производят последовательные наборы за все время излучения - прием, определяют коэффициент корреляции между всеми последовательными спектрами, и при превышении коэффициента корреляции больше 0,5 запоминают последовательные спектры с коэффициентом корреляции больше 0,5, выбирают два последовательных спектра с

максимальным коэффициентом корреляции, определяют частоты, которые превысили порог, сравнивают значение частоты с частотой зондирующего сигнала, и если они отличаются больше чем 2/T, то производят определение дистанции по формуле:  $D=C(t-X)/2$ , где t - временной отсчет первого спектра, C - скорость звука в воде, а X определяется по формуле

$$X = \frac{Y_1 T}{Y_2 - Y_1}, \quad \text{где } Y_1 - \text{ амплитуда}$$

спектрального отсчета первого спектра;  $Y_2$  - амплитуда спектрального отсчета второго спектра, по значению частоты определяют радиальную скорость обнаруженного объекта, если значение частоты и частота зондирующего сигнала отличаются на величину меньше чем 2/T, то определяют число последовательных спектров с коэффициентом корреляции больше, 0,5 и если они меньше 7, то определяют дистанцию по формуле, а если они больше, то определение дистанции не производят. 1 ил.



ФИГ.1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2016124216, 17.06.2016**(24) Effective date for property rights:  
**17.06.2016**Registration date:  
**14.08.2017**

Priority:

(22) Date of filing: **17.06.2016**(45) Date of publication: **14.08.2017** Bull. № 23

Mail address:

**197376, Sankt-Peterburg, Chkalovskij pr., 46, AO  
"Kontsern "Okeanpribor"**

(72) Inventor(s):

**Timoshenkov Valerij Grigorevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Aktsionernoe Obshchestvo "Kontsern  
"Okeanpribor" (RU)**(54) **METHOD OF OBJECT DETECTION AND MEASUREMENT OF ITS PARAMETERS**

(57) Abstract:

FIELD: measuring equipment.

SUBSTANCE: method for measuring distance comprises sounding signal emission, echo signal reception, discretisation of the received echo signal time realisation, gathering of time realisation of discretised countings with duration T, determination of spectrum of the gathered time realisation, successive gathering of next time realisations with duration T is carried out, shifted by time T/4, the spectrum of the gathered time realisation is determined, the threshold is determined, successive gatherings are carried out for all the time of emission-reception, correlation coefficient is determined between all successive spectra, and when the coefficient is exceeded more than by 0.5, the successive spectra are memorized with the correlation coefficient of more than 0.5, two successive spectra with maximum correlation coefficient are chosen, frequencies which exceeded the threshold are determined, frequency value is compared with sounding signal frequency, and if they

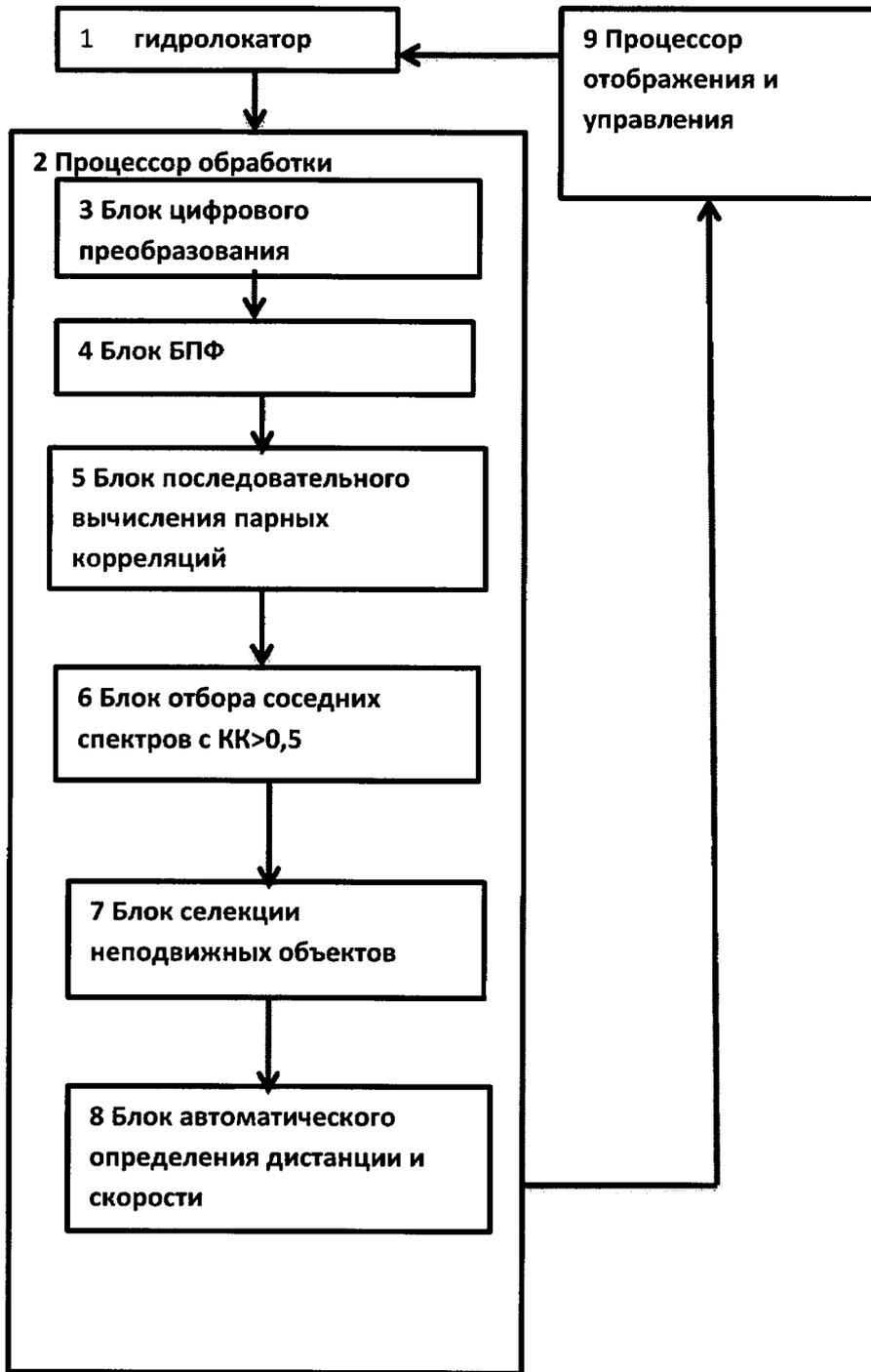
differ by more than 2/T, the distance is determined by the formula:  $D=S(t-X)/2$ , where t is the time counting of the first spectrum, S is the sound speed in the air,

and X is determined by the formula  $X = \frac{Y_1 T}{Y_2 - Y_1}$ ,

where  $Y_1$  is the spectral counting amplitude of the first spectrum,  $Y_2$  is the spectral counting amplitude of the second spectrum, radial speed of the detected object is determined by the frequency value, if the frequency value and the sounding signal frequency differ by the value of less than 2/T, a number of successive spectra with the correlation coefficient of more than 0.5, and if they are less than 7, the distance is determined by the formula, and if they are more, the distance determination is not carried out.

EFFECT: improved accuracy.

1 dwg



ФИГ.1

Изобретение относится к области гидроакустики и может быть использовано для построения систем автоматического обнаружения эхосигналов, принятых гидролокатором на фоне шумовой и реверберационной помехи и измерения параметров объекта.

5 Известны способы обнаружения эхосигнала, основанные на определении энергетического спектра электрического процесса, представляющего собой смесь электрического сигнала и нормальной стационарной шумовой помехи, изложенные, например, в работе Евтютов Е.С. и Митько В.Б. "Примеры инженерных расчетов в гидроакустике", Судостроение 1981 г., с. 77. Способ содержит спектральный анализ  
10 этого процесса, детектирование спектральных составляющих, интегрирование огибающей и обнаружение сигнала при сравнении с порогом. Аналогичный способ обнаружения эхосигнала изложен в книге В.С. Бурдик "Анализ гидроакустических систем". Судостроение 1988 г. стр. 347 и содержит многоканальную по частоте фильтрацию, детектирование, выделение огибающей и сравнение с порогом.

15 Известен способ обнаружения эхосигнала, рассмотренный в книге Л. Рабинер, Б. Гоулд «Теория и применение цифровой обработки сигналов», Мир, Москва, 1978 г. Способ содержит излучение зондирующего сигнала длительностью  $T$  на известной частоте; прием эхосигнала; дискретизацию входного сигнала, набор входных дискретизированных отсчетов длительностью  $T$ ; определение энергетического спектра  
20 с помощью быстрого преобразования Фурье (БПФ), сдвиг набора входного сигнала по времени, многократное повторение процедуры набора сдвинутых во времени входных дискретизированных отсчетов длительностью  $T$  и определение энергетического спектра, выбор набора с максимальной энергией сигнала, принятие решение об обнаружении по набору с максимальной энергией сигнала. Недостатком рассматриваемых технических  
25 решений является низкая помехоустойчивость при приеме сигнала в присутствии реверберационных и шумовых помех.

Известен способ обнаружения и измерения дистанции до объекта по патенту РФ №2460093, содержащий излучение зондирующего сигнала, прием эхосигнала, дискретизацию принятой временной реализации эхосигнала, набор временной реализации  
30 дискретизированных отсчетов длительностью  $T$ , определение спектра набранной временной реализации, определение значения спектрального отсчета, превысившего порог, при котором запоминают амплитуду спектрального отсчета, превысившего порог и время набора временной реализации, производят набор следующей временной реализации длительностью  $T$ , сдвинутой относительно реализации, где обнаружено  
35 превышение порога, на время  $T/4$ , определяют спектр набранной временной реализации, сдвинутой относительно реализации превысившей порог на время  $T/4$ , определяют значение спектрального отсчета, превысившего порог, запоминают амплитуду и время начала набора временной реализации, сравнивают номера спектральных отсчетов этих реализации и при их совпадении определяют дистанцию до цели по формуле:  $D=C(t-X)$   
40  $/2$ , где  $t$  - временной отсчет начала временного набора, спектрального отсчета реализации, сдвинутой относительно реализации превысившей порог на время  $T/4$ ,  $C$

- скорость звука в воде, а  $X$  определяют по формуле  $X = \frac{Y_1 T}{Y_2 - Y_1}$ , где  $Y_1$  - амплитуда

45 спектрального отсчета набора временной реализации превысившей порог;  $Y_2$  - амплитуда спектрального отсчета набора временной реализации; сдвинутой относительно реализации превысившей порог на время  $T/4$ ,  $T$  - длительность временного набора.

Недостатком способа является низкая вероятность обнаружения эхосигналов, принятых гидролокатором на фоне шумовой и реверберационной помехи и невозможность обеспечить автоматическое измерение скорости объекта и его класса. Как правило, реальные объекты имеют ограниченные размеры и, когда они находятся в свободном водном пространстве, их обнаружение сигналом гидролокации и измерение дистанции и скорости не представляет существенных затруднений. Однако в реальных условиях работа гидролокатора происходит на фоне донной и поверхностной реверберации, уровень которой может достигать значительных размеров, сопоставимых с уровнем эхосигнала. Поэтому при наличии донной и поверхностной реверберации снижается вероятность обнаружения реального объекта, который имеет ограниченные пространственные размеры.

Задачей изобретения является повышение вероятности обнаружения объекта при обнаружении эхосигнала на фоне реверберационной помехи и обеспечение автоматического измерения дистанции и радиальной скорости реального объекта в этих условиях.

Для решения поставленной задачи в способ, содержащий излучение зондирующего сигнала, прием эхосигнала, дискретизацию принятой временной реализации эхосигнала, набор временной реализации дискретизированных отсчетов длительностью  $T$ , определение спектра набранной временной реализации, последовательный набор следующих временных реализаций длительностью  $T$ , сдвинутых на время  $T/4$ , определение спектров набранных временных реализаций, определение порога по амплитуде, расчет дистанции по формуле:  $D=C(t-X)/2$ , где  $t$  - временной отсчет первого

спектра,  $C$  - скорость звука в воде, а  $X$  определяется по формуле  $X = \frac{Y_1 T}{Y_2 - Y_1}$ , где  $Y_1$  -

амплитуда спектрального отсчета первого спектра;  $Y_2$  - амплитуда спектрального отсчета второго спектра, введены новые операции, а именно: определение дистанции производят после корреляционной обработки полученных спектров, при которой определяют коэффициент корреляции между каждыми двумя последовательными парными спектрами, запоминают последовательные спектры с коэффициентом корреляции больше 0,5, выбирают два первых последовательных спектра с коэффициентом корреляции больше 0,5, определяют частоты спектральных составляющих, амплитуды которых превысили порог, сравнивают значение этих частот с частотой зондирующего сигнала и дистанцию определяют, если одна из частот отличается от частоты зондирующего сигнала больше чем на  $2/T$ , а по значению этой частоты определяют радиальную скорость обнаруженного подвижного малоразмерного объекта, а если значение частоты и частота зондирующего сигнала отличаются на величину меньше чем  $2/T$ , то определяют число парных последовательных спектров с коэффициентом корреляции больше 0,5, и определяют дистанцию, если число парных спектров меньше 7, а если число парных спектров больше 7, то принимают решение, что это неподвижный протяженный объект, и определение дистанции не производят.

Техническим результатом является обнаружение эхосигнала от реального подвижного объекта, определение радиальной скорости реального подвижного объекта и классификацию объектов на подвижный и неподвижный с малой вероятностью ложной тревоги.

Поясним сущность предлагаемого технического решения.

Известно, что если имеются два процесса  $x(t)$  и  $y(t)$ , то преобразование Фурье  $k$ -х реализаций длиной  $T$  каждого процесса определяется в виде

$$X_k(f, T) = \int_0^T x_k(t) e^{-j2\pi ft} dt \quad \text{и} \quad Y_k(f, T) = \int_0^T y_k(t) e^{-j2\pi ft} dt$$

где  $T$  - длительность сигнала с частотой  $f$ .

5 Тогда взаимная спектральная плотность этих двух случайных процессов определяется, с использованием свертки  $X \times Y$ , соотношением

$$G_{xy}(f) = \lim \frac{2}{T} [X_k^*(f, T) Y_k(f, T)], \text{ где } X_k^*(f, T) - \text{комплексно-сопряженный}$$

10 спектр для комплексного спектра  $Y_k(f, T)$ .

Если взаимная спектральная плотность определяется между двумя реализациями одного и того же сигнала, то

$$15 \quad G_{xy}(f) = \lim \frac{2}{T} [X_k^*(f, T)^2]. \text{ Если взаимная спектральная плотность}$$

определяется между двумя реализациями нормального стационарного шума сдвинутыми на интервал больше, чем интервал корреляции шумового процесса, то произведение

20  $X_k(f, T)_{ном}$  и  $Y_{k+\Delta t}(f, T)_{ном}$  будет мало, так как  $X$  и  $Y$  независимы. Известно, что

взаимная спектральная плотность двух реализаций представляет собой преобразование Фурье взаимной корреляционной функции. Таким образом, если имеется общий спектр в двух временных реализациях, то взаимно-корреляционная функция этих спектров и  
 25 будет характеризовать меру их связанности. Измерить взаимно-корреляционную функцию проще и она характеризует степень схожести двух спектров (Дж. Бендат, А. Пирсол «Измерение и анализ случайных процессов» Мир М., 1971, стр. 44-47, стр. 196). Таким образом, если взаимная спектральная плотность определяется между двумя одинаковыми сигналами, то она максимальная и взаимно-корреляционная функция  
 30 максимальна, а коэффициент корреляции будет равен 1, если она определяется между независимыми сигналами, то коэффициент корреляции между двумя последовательными спектрами будет близок к 0. При последовательном наборе дискретизированных отсчетов длительностью  $T$  входной реализации, в котором временное положение эхосигнала не определено, в конкретный случайный набор может войти только часть  
 35 сигнала, а следующая часть будет набрана в следующем наборе входных дискретизированных отсчетов. При наличии сигнала в соседних временных наборах временной реализации величина взаимной спектральной плотности будут увеличиваться в зависимости от величины перекрытия наборов и будет соответственно расти коэффициент корреляции. В дальнейшем перекрытия между временными реализациями  
 40 будет уменьшаться, что приведет к уменьшению коэффициента корреляции. При использовании сдвига между реализациями  $T/4$  экспериментально получено, что максимальное число реализаций с коэффициентом корреляции больше 0,5 равно 7. Все поступившие на обработку спектральные отсчеты принадлежат трем самостоятельным группам, которые независимы друг от друга. Спектральные отсчеты могут принадлежать  
 45 объектам, которые удаляются, объектам которые приближаются и неподвижным объектам. Как правило, подвижные объекты имеют ограниченные размеры и длительность эхосигнала от них будет равна практически длительности зондирующего сигнала. Поэтому для удаляющегося реального объекта и для приближающегося

реального объекта число парных реализаций с коэффициентом корреляции 0,5 не будет превышать 7 при сдвиге  $T/4$ . Эхосигналы от неподвижных объектов располагаются в зоне реверберационных отсчетов, средняя частота которых равна частоте зондирующих сигналов. В эту зону входят так же эхосигналы от донной и поверхностной реверберации, которые имеют длительность больше, чем длительность реального объекта, и поэтому число парных реализаций будет больше 7. Поэтому, если сигнал обнаружен вне зоны реверберационных каналов, то это мало протяженные реальные объекты и для них характерно число парных спектров с коэффициентом корреляции больше 0,5, равное 7. Для зоны реверберационных отсчетов число парных коэффициентов корреляции может быть больше 7, если они принадлежат объектам большой протяженности, к которым относятся реверберация, донные и поверхностные отражения. Однако в этой зоне так же могут находиться эхосигналы от реальных объектов, радиальная скорость которых близка 0. Поэтому критерием для определения реальных объектов является число парных спектров с коэффициентом корреляции больше 0,5, которое для реальных объектов не превышает 7. Значение частоты сдвига спектральной составляющей относительно частоты зондирующего сигнала определяет радиальную скорость обнаруженного объекта (Дж. Хортон «Основы гидролокации» Судпромгиз 1961 г. стр. 405). Предложенная процедура позволяет по одной посылке определять реальный подвижный объект и не реальный протяженный объект, измерить радиальную скорость подвижного реального объекта и дистанцию до него с малой вероятностью ложной тревоги.

Сущность изобретения поясняется фиг. 1, на которой изображена блок-схема устройства, реализующего данный способ.

Устройство содержит гидролокатор 1, выход которого соединен с процессором 2 обработки, а вход с выходом процессора 9 управления и отображения. Процессор 2 обработки содержит последовательно соединенные блок 3 цифрового преобразования, блок 4 БПФ, блок 5 последовательных вычислений парных коэффициентов корреляции, блок 6 отбора соседних спектров с коэффициентом корреляции  $K > 0,5$ , блок 7 селекции неподвижных объектов, блок 8 автоматического определения дистанции и скорости.

С использованием устройства, представленного на фиг. 1, осуществление предлагаемого способа происходит следующим образом. Процессор 9 формирует команду для выработки гидролокатором соответствующего зондирующего сигнала и подает ее на гидролокатор. Одновременно эта же команда передается в процессор 2 для формирования процедуры обработки выбранного зондирующего сигнала. Прием эхосигнала осуществляется гидролокатором 1, и после предварительной обработки входной сигнал поступает на вход блока 3, который осуществляет цифровое преобразование аналогового входного сигнала. Последовательность временных дискретизированных отсчетов длительностью  $T$  через интервал времени  $T/4$  поступает в блок 4 БПФ для определения энергетического спектра. С выхода блока 4 энергетические спектры поступают в блок 5 для определения парных коэффициентов корреляции между последовательными энергетическими спектрами. Определенные последовательности энергетических спектров поступают в блок 6 для выбора соседних спектров с коэффициентом корреляции больше  $K > 0,5$ . Процедура определения массивов коэффициентов корреляции производится на весь период обработки информации, который определяется циклом излучение - прием. Поскольку помеха между наборами дискретизированных отсчетов не коррелирована, то коэффициенты корреляции между временными наборами при наличии только помехи будут малы. Для сигнала от реального объекта коэффициенты корреляции будут определяться величиной перекрытия

следующих друг за другом наборов дискретизированных отсчетов при сдвиге  $T/4$  и при максимальном перекрытии при наличии в них сигналов коэффициент корреляции  $K$  будет существенно больше 0,5. Поэтому критерию отбираются энергетические спектры, которым соответствует максимальная амплитуда той частоты, для которой определяется коэффициент корреляции, что и обеспечивает низкую вероятность ложной тревоги. Эта частота и соответствует радиальной скорости перемещения подвижного объекта и, если ее значение не равно частоте зондирующего сигнала, то по соотношению амплитуд в этих спектрах и следует определить дистанцию до объекта и радиальную скорость. Если эта частота равна частоте зондирующего сигнала, то следует проверить число парных соседних спектров в блоке 7. Если число парных спектров меньше 7, то это реальный отражатель с малой радиальной скоростью и для этого объекта необходимо определить дистанцию по формуле:  $D=C(t-X)/2$ . Если число парных спектров больше 7, то дистанция в этом случае этой формулой не определяется. Диапазон реверберационных отсчетов - величина фиксированная и определяется длительностью, частотой излучения зондирующего сигнала и скоростью движения носителя и устанавливается в блоке 7 (Дж. Хортон «Основы гидролокации» Судпромгиз 1961 г. стр. 405). Полученная автоматически оценка дистанции и радиальной скорости передается в процессор 9 для отображения и определения класса обнаруженного объекта.

Любой современный гидролокатор содержит антенну излучения и приема, он является известным устройством, которое широко используется на практике и реализовано в прототипе. Приемная антенна с системой формирования характеристик направленности являются известными устройствами, которые используются в современной гидроакустической аппаратуре (Ю.А. Корякин, С.А. Смирнов, Г.В. Яковлев «Корабельная гидроакустическая техника» Санкт-Петербург. «Наука» 2004 г. Стр. 95-99, стр. 312-320). В настоящее время практически вся гидроакустическая аппаратура выполняется на спецпроцессорах, которые преобразуют акустический сигнал в цифровой вид и производят в цифровом виде формирование характеристик направленности, многоканальную обработку и обнаружение сигнала, а также измерение амплитуд эхосигналов, спектральную и корреляционную обработку на основе разработанных алгоритмов, определение и принятие решения о цели. Эти вопросы достаточно подробно рассмотрены в литературе (там же стр. 237-255).

Таким образом, поставленная задача повышение вероятности обнаружения объекта на фоне реверберационной помехи и обеспечение автоматического измерения дистанции и радиальной скорости реального объекта в этих условиях решена.

#### (57) Формула изобретения

Способ обнаружения объекта и измерение его параметров, содержащий излучение зондирующего сигнала, прием эхосигнала, дискретизацию принятой временной реализации эхосигнала, набор временной реализации дискретизированных отсчетов длительностью  $T$ , определение спектра набранной временной реализации, последовательный набор следующих временных реализаций длительностью  $T$ , сдвинутых на время  $T/4$ , определение спектров набранных временных реализаций, определение порога по амплитуде, расчет дистанции по формуле:  $D=C(t-X)/2$ , где  $t$  - временной отсчет первого спектра,  $C$  - скорость звука в воде, а  $X$  определяется по формуле  $X = \frac{Y_1 T}{Y_2 - Y_1}$ , где  $Y_1$  - амплитуда спектрального отсчета первого спектра;  $Y_2$  - амплитуда спектрального отсчета второго спектра, отличающийся тем, что определение дистанции производят после корреляционной обработки полученных спектров, при которой определяют

коэффициент корреляции между каждыми двумя последовательными парными спектрами, запоминают последовательные спектры с коэффициентом корреляции больше 0,5, выбирают два первых последовательных спектра с коэффициентом корреляции больше 0,5, определяют частоты спектральных составляющих, амплитуды  
5 которых превысили порог, сравнивают значение этих частот с частотой зондирующего сигнала и определяют дистанцию, если одна из частот отличается от частоты зондирующего сигнала больше чем на  $2/T$ , а по значению этой частоты определяют радиальную скорость обнаруженного подвижного малоразмерного объекта, а если значение частоты и частота зондирующего сигнала отличаются на величину меньше  
10 чем  $2/T$ , то определяют число парных последовательных спектров с коэффициентом корреляции больше 0,5, и определяют дистанцию, если число парных спектров меньше 7, а если число парных спектров больше 7, то принимают решение, что это неподвижный протяженный объект, и определение дистанции не производят.

15

20

25

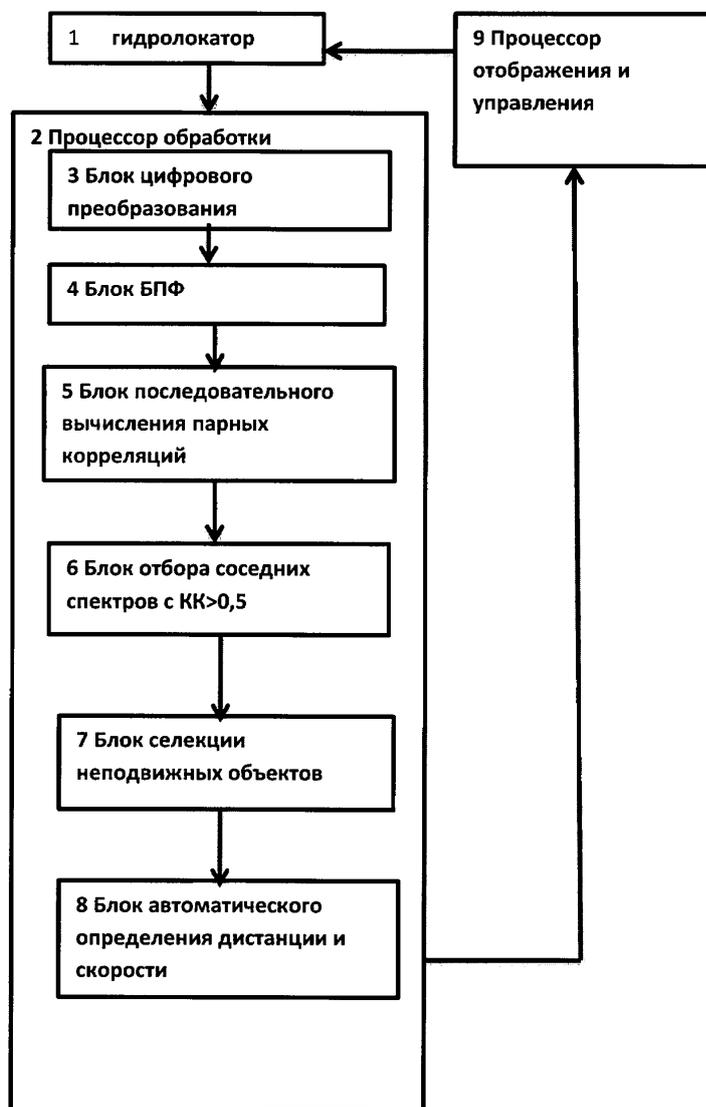
30

35

40

45

## СПОСОБ ОБНАРУЖЕНИЯ ОБЪЕКТА И ИЗМЕРЕНИЯ ЕГО ПАРАМЕТРОВ



ФИГ.1