

УДК 656.61.087: 623.82

**А.А. Илларионов, С.В. Козловский, А.Б. Корякин, С.А. Щерба**  
**К ОЦЕНКЕ УРОВНЯ РЕВЕРБЕРАЦИОННОЙ ПОМЕХИ ПРИ**  
**ЧАСТИЧНО-КОГЕРЕНТНОЙ ОБРАБОТКЕ ЭХО-СИГНАЛОВ**

*Рассмотрен вопрос оценки уровней реверберационных помех применительно к использованию сложных зондирующих сигналов и частично-когерентной обработке (ЧКО) гидроакустической информации. Данный способ обработки эхо-сигналов предусматривает когерентный прием в пределах «K» частей сигнала и последующий некогерентный прием их выходных эффектов. Разработана приближенная методика для оценки уровня реверберации на выходе тракта приема с учетом типа зондирующего сигнала и параметров ЧКО. Методика основана на оценке и использовании вместо длительности зондирующего сигнала -длительности сжатого эхо-сигнала после частично-когерентной обработки на выходе тракта приема гидролокатора. Выполнено моделирование в среде MATLAB-7 применительно к шумоподобному (фазо-манипулированному) зондирующему сигналу с параметрами: длительность 1 сек и полоса частот 1000 Гц при когерентной обработке и ЧКО эхо-сигналов. В результате моделирования построены сечения в частотной и временной областях функции неопределенности рассматриваемого сигнала для различных величин K. Определены параметры функции неопределенности эхо-сигнала при ЧКО: уровень бокового поля, ширина основного лепестка по времени, ширина основного лепестка по частоте. На основе моделирования получена аппроксимация зависимости длительности выходного сигнала от числа частей K, на которые разбивается эхо-сигнал для выполнения когерентной обработки. Данная зависимость положена в основу при оценке длительности сжатого на выходе тракта приема сигнала. Представлен пример оценки степени снижения уровня реверберационной помехи (донная составляющая) при использовании частично-когерентной обработки (K=10) сложного зондирующего сигнала по сравнению с некогерентной обработкой данного сигнала. Значение длительности сжатого после ЧКО эхо-сигнала составило 5 мс, что обеспечивает снижение уровня донной реверберации на выходе тракта гидролокатора на 23 дБ. Аналогичный результат достигается в случае воздействия поверхностной и объемной составляющей реверберационной помехи. На основе вышеизложенного подхода возможна оценка помехоустойчивости тракта гидролокации в условиях воздействия преобладающей реверберационной помехи (донная, поверхностная и объемная составляющие) при частично-когерентной обработке сложных сигналов.*

*Реверберация; сложный сигнал; частично-когерентная обработка.*

**A.A. Illarionov, S.V. Kozlovski, A.B. Korjakin, S.E. Shcherba**

**TO ASSESS THE LEVEL OF THE REVERB SIGNAL SUPPRESSION**  
**WITH PARTLY-COHERENT PROCESSING OF ECHO SIGNALS**

*The article reviews the estimation of the reverberation interference levels in relation to the use of complex probing signals and partially coherent hydroacoustic information processing. The method of echo-signal processing involves the coherent reception within K- signal portions and subsequent incoherent reception of their output effects. The approximate technique for estimation of reverberation at the reception channel output with regard to the type of probing signal and parameters of partially coherent processing (PCP) is developed. The technique is based on the estimation and using duration of compressed echo-signal after the PCP at the sonar reception channel output instead of probing signal duration. Modeling (using MATLAB-7) in relation to the noise-like (phase-manipulated) probing signal with parameters: duration – 1 sec and band – 1000 Hz for the coherent processing and PCP was made. Sections in frequency and time areas of the ambiguity function of current signal for different K- values are built as a result of modeling. Parameters of the echo-signal ambiguity function with PCP are defined: sidebar level, major lobe width by time, major lobe width by frequency. The approximation of the dependence of the output signal duration from the number of K- portions echo-signal is divided for the coherent processing is obtained on*

the basis of modeling. This dependence is the basis for estimation of compressed at the reception channel output signal duration. An example of assessing reduction of the reverberation (bottom component) by using PCP ( $K=10$ ) of the complex probing signal compared with incoherent processing of current signal is represented. The value of the compressed after the PCP signal duration was 5 ms that reduces bottom reverberation level at the sonar output channel by 23 dB. A similar result is achieved in the case of exposure of surface and volumetric components of the reverberation interference. Based on the above approach estimation of hydrolocation channel noise stability under the impact of prevailing reverberation interference (bottom, surface and volumetric components) with partial coherent processing of complex signals is possible.

*Reverberation; the difficult signal; partially-coherent processing.*

**Введение.** При решении задач экологического мониторинга моря важнейшее значение имеют гидроакустические средства (ГАС) [1]. Однако, эффективность их применения существенно ограничивается наличием реверберационной помехи [2–7]. Представляет интерес вопрос оценки уровня указанного вида помехи и помехоустойчивости тракта приема гидролокатора в условиях ее воздействия при различных типах зондирующих сигналов и способов первичной обработки информации.

**Постановка задачи.** Целью статьи является обоснование приближенной методики расчета уровня реверберационной помехи на выходе тракта приема гидролокатора при частично-когерентной обработке сложного эхо-сигнала, предусматривающей когерентный прием в пределах частей сигнала и последующий некогерентный прием их выходных эффектов.

Моделирование и оценка реверберационной помехи базируются на канонической модели В.В. Ольшевского [8], являющейся развитием модели Д. Миддлтона [8], в которой источник мешающего влияния представляется в виде набора случайных дискретных рассеивателей, отражающих звук в некоторой области пространства (зависит от типа реверберационной помехи). Пример графического кадра отображения эхо-сигнала и составляющих реверберации (донной и поверхностной) в одном пространственном канале тракта приема современного гидролокатора в мелководном районе приведен на рис. 1.

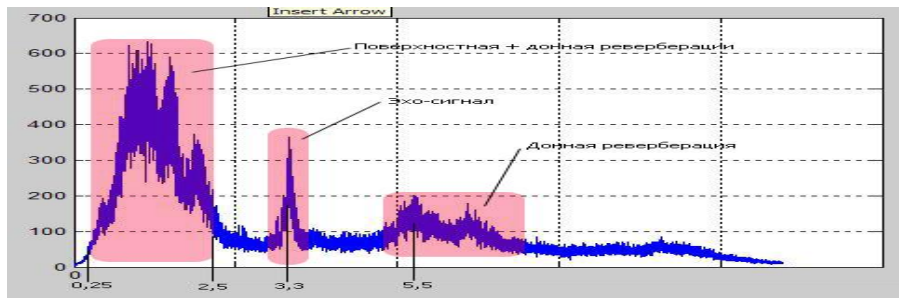


Рис. 1. Эхо-сигнал и реверберационная помеха на выходе пространственного канала ГАС

Уровень как объемной, так поверхностной и донной реверберации прямо пропорционален длительности сигнала  $\tau$  при относительно коротких зондирующих посылах. Например, интенсивность донной реверберации в функции времени (без учета, так называемой аномалии реверберации) определяется, как [2]:

$$J_p(t) = \frac{a_p \cdot \tau \cdot \eta \cdot W \cdot H}{\pi \cdot t^4 c^3} e^{-2\beta \cdot c \cdot t}, \quad (1)$$

где  $a_p$  – безразмерный коэффициент, характеризующий рассеяние звука дном в сторону источника звука;  $\beta$  – коэффициент пространственного затухания звука, дБ/км;  $c$  – скорость звука, м/с;  $\eta$  – коэффициент, зависящий от направленных свойств антенны ГАС при излучении и приеме;  $W$  – излучаемая акустическая мощность, Вт;  $H$  – глубина моря, м.

С использованием соотношения (1) можно оценить помехоустойчивость ГАС в условиях преобладающей донной реверберации при простых и сложных сигналах и некогерентной их обработке [10]. Предполагается при этом, что длительности зондирующего и эхо-сигнала совпадают. Аналогичным образом можно оценить характеристики обратного рассеяния звука [11]. Однако, с появлением и бурным развитием методов когерентной обработки (КО) сложных сигналов [12] наметился существенный прогресс в направлении повышения реверберационной помехоустойчивости.

Известно, что в условиях шумовых помех при когерентной обработке обеспечивается сжатие сигнала по сравнению с зондирующим отклик на выходе тракта приема и выигрыш в отношении сигнал-помеха пропорционально величине

$$\sqrt{\Delta f \cdot \tau},$$

где  $\Delta f$  – эффективная полоса частот сигнала [13]. При наличии реверберации за счет сжатия сложного эхо-сигнала при когерентной обработке обеспечивается сокращение элементарных дискретных рассеивателей, определяющих уровень помехи. Дело в том, что разрешающая способность по дистанции определяется как:

$$\Delta \tau = \frac{1}{\Delta f_s}, \quad (2)$$

где  $\Delta f_s$  – эффективная ширина полосы частот сигнала [14].

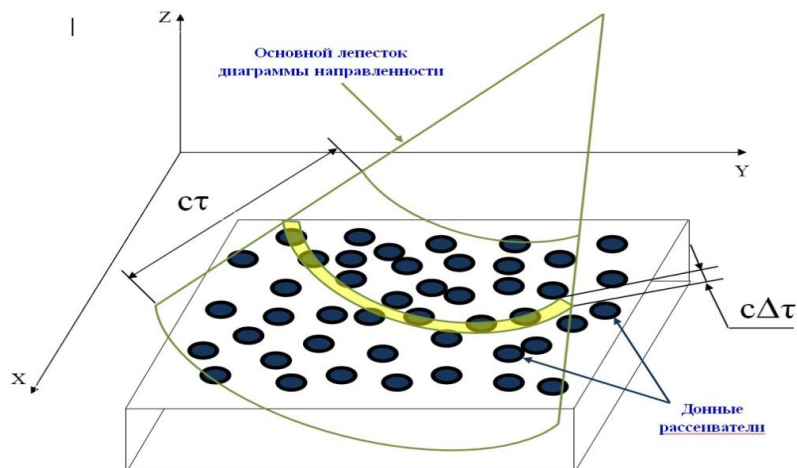


Рис. 2. Сокращение числа рассеивателей при когерентной обработке сложного сигнала

Реализация широкополосных сигналов (с когерентной или взаимно-корреляционной обработкой) позволяет осуществить их сжатие и в потенциале обеспечить сверхразрешение по дистанции, т.е. разрешающую способность  $\Delta \tau$ . Соответственно, объем рассеивающей области, сигналы из которой поступают в

заданный момент времени в тракт приема ГАС, существенно сокращается (рис. 2). Аналогичный результат имеет место и для случаев поверхностной и объемной реверберации с той разницей, что геометрическая форма рассеивающей области для них различна.

Широкополосные шумоподобные сигналы при когерентной их обработке обеспечивают высокое разрешение сигналов по дальности и по доплеровскому смещению частоты (имеют «кнопочную» функцию неопределенности).

Особо отметим, так называемые фазоманипулированные сигналы [15], у которых осуществляется скачкообразное изменение фазы несущей частоты на величину, равную  $\pi$ , посредством модуляции несущей частоты кодовой псевдослучайной последовательностью. Наилучшими длинными кодовыми псевдослучайными последовательностями являются кодовые последовательности максимальной длины, так называемые  $M$  – последовательности, которые позволяют реализовать сигналы большой длительности и обеспечить минимальное равномерное боковое поле функции неопределенности по временной оси.

Опыт испытаний и эксплуатации современного экспортного ГАС МГК-335ЭМ-03 [16], показал высокую эффективность широкополосных сложных сигналов (с полосой частот до 1 кГц) по сравнению с тональными при работе в мелководных морских условиях, характеризующихся большим уровнем реверберационных помех.

В общем случае для моделирования и оценки характеристик многокомпонентной реверберационной помехи, включающей поверхностную, объемную и донную реверберацию в условиях многолучевого распространения звука в океане требуется построение модели с учетом, так называемой функции рассеяния реверберации [17] и параметров гидроакустического поля в плоско-слоистой модели океана [18].

Вместе с тем, для приближенной оценки уровней реверберационной помехи при когерентной обработке эхо-сигналов целесообразно использовать известные соотношения, приведенные в [2], в частности для донной реверберации – соотношение (1), с учетом замены величины  $\mathcal{T}$  на величину  $\Delta t$ .

Однако следует учитывать, что многолучевое распространение сигналов в реальном гидроакустическом канале и многобликовая структура отраженного от цели сигнала приводят к значительным флюктуациям откликов сигналов на выходе согласованного фильтра и их размытию в виде последовательности ряда флюктуирующих откликов.

Размытие сигналов за счет многолучевости их распространения ограничивает возможности когерентной обработки сложных широкополосных сигналов, а совместное влияние гидроакустического канала и цели обуславливают снижение коэффициента взаимной корреляции зондирующего и эхо-сигнала и уменьшению помехоустойчивости ГАС.

Результаты экспериментов в мелководных районах Балтийского и Баренцева морей с глубинами 100–120 м на дистанциях до 6,3 км показывают, что коэффициент взаимной корреляции зондирующего (длительность – 150 мс, центральная частота – 3,3 кГц и полосой частот – 500 Гц) и эхо-сигнала составлял величины 0,5–0,75 в процессе наблюдения за маневрирующей целью [19].

Результаты натурных исследований параметров сложных сигналов (принятых и излученных копий на выходе коррелятора), прошедших гидроакустический канал на дистанциях 50–100 км в Японском море и северо-западной части Тихого океана показывают, что размытие основных максимумов огибающей взаимнокорреляционной функции (ОВКФ) составляет от 0,1 до 0,2 с, а их число лежит в пределах  $3 \div 4$  [16].

При этом, уровни основных максимумов ОВКФ лежат в пределах  $6\div 8$  дБ, а интервалы между ними составляют 20–30 мс. Частотное рассеивание составляет 2 Гц, а параметры частотно-временного рассеивания для псевдошумового сигнала и сигнала с гиперболической частотной модуляцией различаются незначительно.

Эксперименты, подтверждающие ухудшение корреляционных свойств эхосигналов в ряде условий наблюдения за подводными объектами, обусловили появление метода укрупнения обработки информации [20] или, так называемой, частично-когерентной обработки (ЧКО).

Сущность ЧКО заключается в следующем:

1. Эхо-сигнал при обработке разбивается на  $K$  одинаковых частей (блоков, базовых импульсов), частотно-временные параметры которых, сохраняют высокие корреляционные свойства с аналогичными частями зондирующего сигнала в текущих условиях наблюдения (пример разбиения огибающей выходного эффекта показан на рис. 3).
2. Каждая из  $K$  частей эхо-сигнала обрабатывается когерентно.
3. Выходные эффекты после обработки каждого базового импульса суммируются некогерентно с последующим сравнением с порогом.

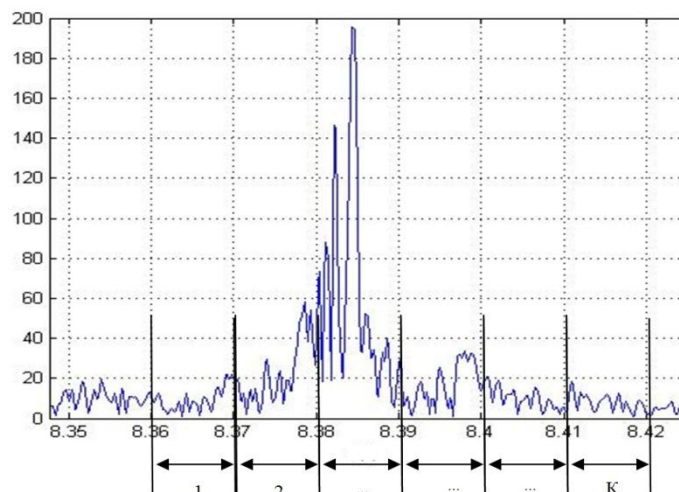


Рис. 3. Разбиение эхо-сигнала на  $K$  частей при ЧКО

При этом достигается более низкая степень сжатия сигнала на выходе тракта приема ГАС по сравнению с КО. Очевидно, длительность обработанного эхосигнала увеличивается по мере роста числа базовых импульсов  $K$ .

С учетом этого, представляет интерес вопрос об оценке уровня реверберационной помехи при излучении сложных сигналов и ЧКО. В рамках предложенного подхода задача сводится к оценке принятого сигнала.

Ниже приведены результаты моделирования при КО и ЧКО в целях численного построения функции неопределенности [12] шумоподобного (фазоманипулированного сигнала длительностью 1 с и полосой частот 1000 Гц) в среде Matlab-7.

На рис. 4 и 5 приведены сечения функции неопределенности рассматриваемого сигнала для когерентной обработки сигнала ( $K=1$ ). Уровень бокового поля по оси времени составляет  $\sim 0,01$  (рис. 4). Ширина основного лепестка на уровне 0,7 составляет  $\sim 0,5$  мс (рис. 5).

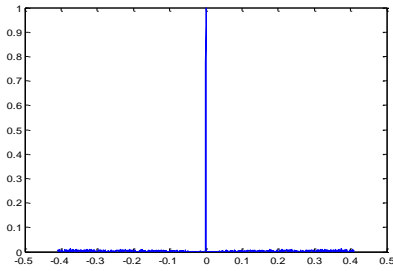


Рис. 4. Сечение функции  
неопределённости по оси времени  
( $K=1$ )

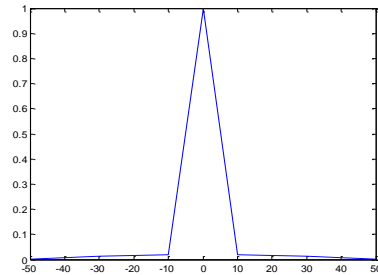


Рис. 5. Сечение функции  
неопределённости по оси частот  
( $K=1$ )

На рис. 6–13 представлены сечения функции неопределённости для частично-когерентной обработки, полученные в численных экспериментах.

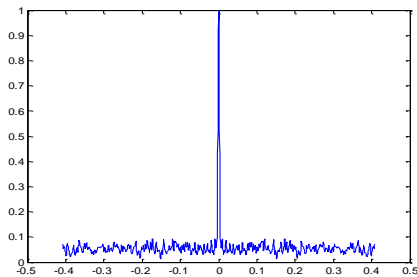


Рис. 6. Сечение функции  
неопределённости по оси времени  
( $K=6$ )

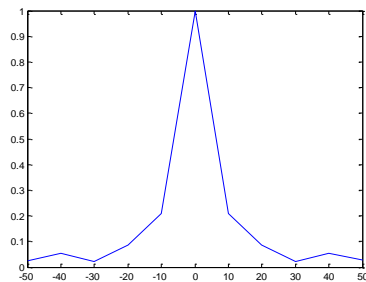


Рис. 7. Сечение функции  
неопределённости по оси частот  
( $K=6$ )

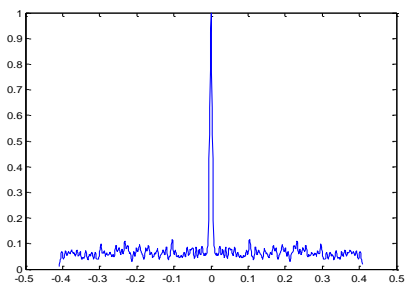


Рис. 8. Сечение функции  
неопределённости по оси времени  
( $K=10$ )

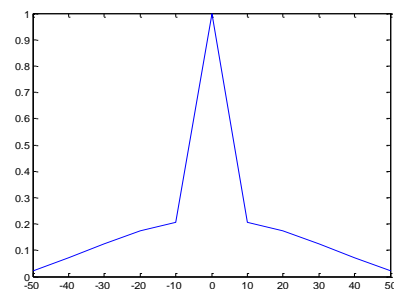


Рис. 9. Сечение функции  
неопределённости по оси частот  
( $K=10$ )

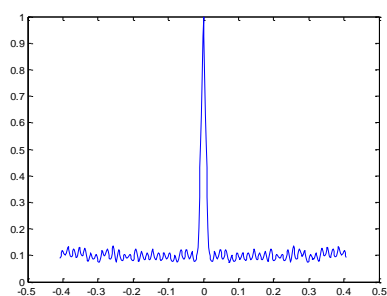


Рис. 10. Сечение функции неопределённости по оси времени ( $K=20$ )

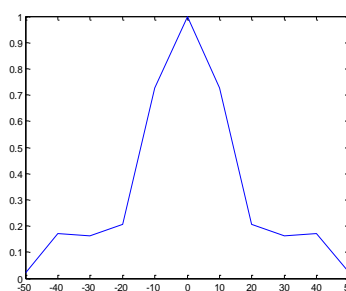


Рис. 11. Сечение функции неопределённости по оси частот ( $K=20$ )

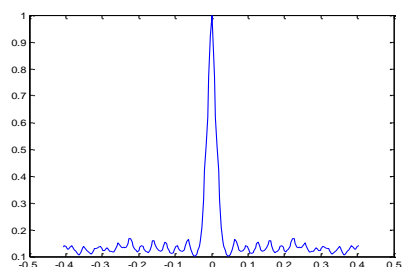


Рис. 12. Сечение функции неопределённости по оси времени ( $K=40$ )

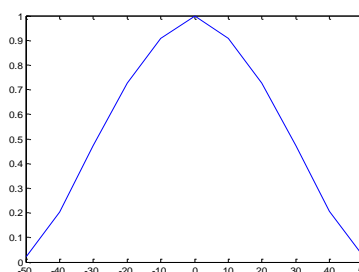


Рис. 13. Сечение функции неопределённости по оси частот ( $K=40$ )

Обобщенные результаты численного эксперимента для некоторых значений  $K$  приведены в табл. 1. На основе данных эксперимента построены зависимости длительности (рис. 14) и полосы частот (рис. 15) сжатого сигнала при ЧКО, а также приведены аппроксимирующие функции, полученные с использованием метода наименьших квадратов.

Таблица 1

**Параметры функции неопределенности эхо-сигнала при ЧКО**

Число когерентно обрабатываемых частей, $K$	1	2	4	6	10	20	30	40
Уровень бокового поля	0,02	0,05	0,08	0,1	0,12	0,14	0,15	0,18
Ширина основного лепестка по времени, мс	0,5	1	1,6	3,1	5	10,2	15,4	20,6
Ширина основного лепестка по частоте, Гц	7	7	7	8	8	22	30	41

Рассмотрим пример использования предлагаемого подхода.

Пусть, исходя из условий наблюдения в мелководном районе, характеризующихся многолучевостью, преобладанием донной реверберации и недостаточно высокой степенью корреляции зондирующего и эхо-сигналов, выбран алгоритм ЧКО с числом базовых импульсов  $K=10$ .

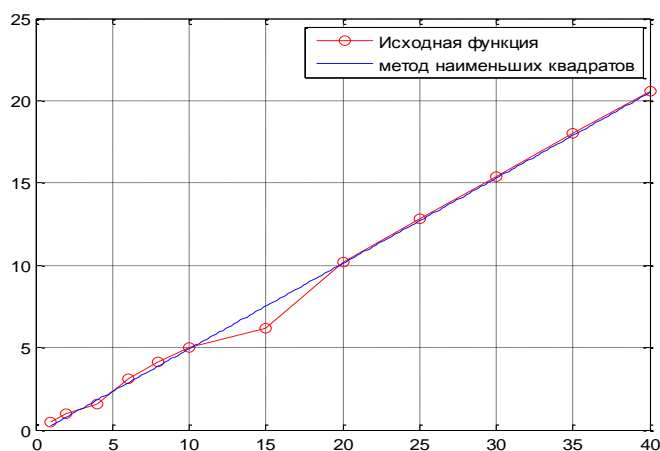


Рис. 14. Аппроксимация результатов численного эксперимента в сечении по времени

Из табл. 1 и рис. 14 определяем значение длительности сжатого после ЧКО эхо-сигнала  $\Delta\tau = 5$  мс. Следовательно, зондирующий сигнал с длительностью 1000 мс сжимается до 5 мс, т.е. в 200 раз. Используя для оценки уровня донной реверберации соотношение (1), получим, что данный уровень за счет ЧКО снижается на 23 дБ.

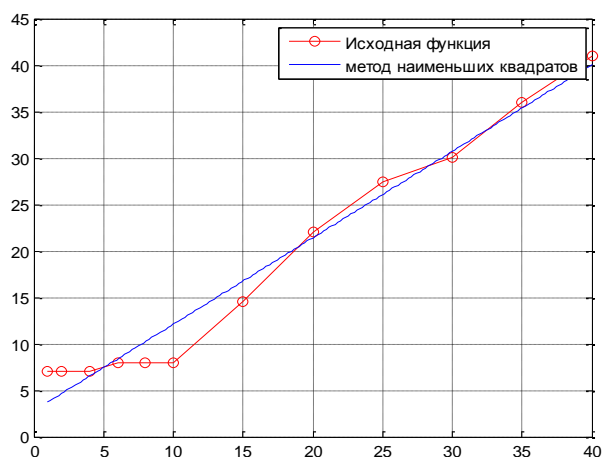


Рис. 15. Аппроксимация результатов численного эксперимента в сечении по частоте

Полученные по результатам моделирования частотные параметры сигналов могут быть использованы при оценке помехоустойчивости тракта приема ГАС при обнаружении движущихся целей с учетом их доплера.

**Выводы:**

1. Предложена методика приближенной оценки уровней реверберационных помех, учитывающая параметры сжатого после частично-когерентной обработки сложного эхо-сигнала.
2. На основе вышеизложенного подхода возможна оценка помехоустойчивости тракта гидролокации в условиях воздействия реверберации при частично-когерентной обработке сложных сигналов.



## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Белоус Ю.В., Козловский С.В. Экологический мониторинг водных районов с использованием моностатического и полистатического методов локации // Известия ТРТУ. – 2006. – № 12 (67). – С. 78-81.
2. Сташкевич А.П. Акустика моря. – Л.: Судостроение, 1966. – 354 с.
3. Хортон Дж. У. Основы гидролокации: Пер. с англ. – Л.: Судпромгиз, 1961. – 372 с.
4. Ольшевский В.В. Статистические свойства морской реверберации. – М.: Наука, 1966. – 202 с.
5. Р. Дж. Урик. Основы гидроакустики. – Л.: Судостроение, 1978. – 445 с.
6. Матвиенко В.Н., Тарасюк Ю.Ф. Дальность действия гидроакустических средств. – Л.: Судостроение, 1981. – 208 с.
7. Корякин Ю.А., Смирнов С.А., Яковлев Г.В. Корабельная гидроакустическая техника: состояние и актуальные проблемы. – СПб.: Наука, 2004. – 410 с.
8. Ольшевский В.В. Статистические методы в гидролокации. – Л.: Судостроение, 1983. – 280 с.
9. Middleton D.A. Statistical theory of reverberation and similar firstorder scattered fields, Part IV. Statistical models // IEEE Trans. Information Theory. – 1972. – Vol. IT-18. – P. 68-90.
10. Зарайский В.А., Тюрин А.М. Теория гидролокации. – Л.: ВМА, 1975. – 605 с.
11. Андреева И.Б. Физические основы распространения звука в океане. – Л.: Гидрометеоздат, 1979. – 189 с.
12. Кук Ч., Бернфельд М. Радиолокационные сигналы. Теория и применение. – М.: Мир, 1980. – 285 с.
13. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебное пособие для вузов. – М.: Радио и связь, 1986. – 512 с.
14. Г. Ван Трис. Теория обнаружения, оценок и модуляция. Т. 3. – М.: Сов. радио, 1977. – 664 с.
15. Варакин Л.Е. Теория систем сигналов. – М.: Сов. радио, 1978. – 304 с.
16. Школьников И.С., Яковлев А.Д. Зондирующие сигналы современных гидролокаторов // Научно-технический сборник «Гидроакустика». Вып. 17 (1), ОАО «Концерн «Океан-прибор». – СПб.: Наука, 2013. – С. 86-93.
17. Применение цифровой обработки сигналов / под ред. Э. Оппенгейма. – М.: Мир, 1980. – 276 с.
18. Акустика океана / под ред. Бреховских Л.М. – М.: Наука, 1974. – 694 с.
19. Бараненко А.А., Лушанкин Д.В., Остроухов В.Д. Некоторые результаты по оценке потерь помехоустойчивости гидролокатора за счёт распространения ЛЧМ сигнала в водной среде // Труды Пятой Международной конференции «Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики», 6-9 июня 2000. – СПб., 2000. – С. 108-110.
20. Рыжов В.П. Применение метода укрупнения для обработки сигналов в условиях значительной априорной неопределенности // Труды III Всесоюзной школы – семинара по статистической гидроакустике. – М.: ВНИИФТРИ, 1971. – С. 284-288.

## REFERENCES

1. Belous Yu.V., Kozlovskiy S.V. Ekologicheskiy monitoring vodnykh rayonov s ispol'zovaniem monostaticheskogo i polistaticheskogo metodov lokatsii [Ecological monitoring of water areas using monostatic and polystatic methods of a location], *Izvestiya TRTU* [Izvestiya TSURE], 2006, No. 12 (67), pp. 78-81.
2. Stashkevich A.P. Akustika moray [Acoustics sea]. Leningrad: Sudostroenie, 1966, 354 p.
3. Khorton Dzh.U. Osnovy gidrolokatsii [The basics of sonar]: translation from English. Leningrad: Sudpromgiz, 1961, 372 p.
4. Ol'shevskiy V.V. Statisticheskie svoystva morskoy reverberatsii [Statisticheskie properties of sea reverberation]. Moscow: Nauka, 1966, 202 p.
5. R. Dzh. Urik. Osnovy gidroakustiki [Fundamentals of hydroacoustics]. Leningrad: Sudostroenie, 1978, 445 p.
6. Matvienko V.N., Tarasyuk Yu.F. Dal'nost' deystviya gidroakusticheskikh sredstv [The range of the hydroacoustic equipment]. Leningrad: Sudostroenie, 1981, 208 p.

7. *Koryakin Yu.A., Smirnov S.A., Yakovlev G.V.* Korabel'naya gidroakusticheskaya tekhnika: sostoyanie i aktual'nye problem [Ship sonar equipment: the state and actual problems]. St. Petersburg: Nauka, 2004, 410 p.
8. *Ol'shevskiy V.V.* Statisticheskie metody v gidrolokatsii [Statisticheskie metody in a hydrolocation]. Leningrad: Sudostroenie, 1983, 280 p.
9. *Middleton D.A.* Statistical theory of reverberation and similar firstorder scattered fields, Part IV. Statistical models, *IEEE Trans. Information Theory*, 1972, Vol. IT-18, pp. 68-90.
10. *Zarayskiy V.A., Tyurin A.M.* Teoriya gidrolokatsii [Theory gidrolokatsii]. Leningrad: VMA, 1975, 605 p.
11. *Andreeva I.B.* Fizicheskie osnovy rasprostraneniya zvuka v okeane [Physical fundamentals of sound propagation in the ocean]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1979, 189 p.
12. *Kuk Ch., Bernfel'd M.* Radiolokatsionnye signaly. Teoriya i primeneniye [Cook and Marvin Bernfeld. Radar Signals. An Introduction to theory and Application]. Moscow: Mir, 1980, 285 p.
13. *Gonorovskiy I.S.* Radiotekhnicheskie tsepi i signaly: Uchebnoe posobie dlya vuzov [Radio Circuits and Signals: A manual for vuzov]. Moscow: Radio i svyaz', 1986, 512 p.
14. *G. Van Tris.* Teoriya obnaruzheniya, otsenok i modulyatsiya [Theory of detection, assessment and modulation]. Vol. 3. Moscow: Sov. radio, 1977, 664 p.
15. *Varakin L.E.* Teoriya sistem signalov [Theory of systems signals]. Moscow: Sov. radio, 1978, 304 p.
16. *Shkol'nikov I.S., Yakovlev A.D.* Zondiruyushchie signaly sovremennykh gidrolokatorov [Sounding modern sonar signals], *Nauchno-tekhnicheskiy sbornik «Gidroakustika»* [Scientific and technical collection "Hydroacoustics"]. Issue 17 (1), OAO «Kontsern «Okean-pribor». St. Petersburg: Nauka, 2013, pp. 86-93.
17. *Primeneniye tsifrovoy obrabotki signalov* [Applications of Digital Signal Processing], Ed. by E. Oppengeyma. Moscow: Mir, 1980, 276 p.
18. *Akustika okeana* [Acoustics of ocean], Ed. by Brekhovskikh L.M. Moscow: Nauka, 1974, 694 p.
19. *Baranenko A.A., Lushankin D.V., Ostroukhov V.D.* Nekotorye rezul'taty po otsenke poter' pomekhoustoychivosti gidrolokatora za schet rasprostraneniya LChM signala v vodnoy srede [Some results of the evaluation of loss of sonar noise immunity due to the spread of the chirp signal in the aquatic environment], *Trudy Pyatoy Mezhdunarodnoy konferentsii «Prikladnye tekhnologii gidroakustiki i gidrofiziki», 6-9 iyunya 2000* [Proceedings of the Fifth International Conference "Applied Technology hydroacoustic and hydrophysics", 6-9 June 2000]. St. Petersburg, 2000, pp. 108-110.
20. *Ryzhov V.P.* *Primeneniye metoda ukрупneniya dlya obrabotki signalov v usloviyakh znachitel'noy apriornoj neopredelennosti* [Application of the method of consolidation for the processing of signals in the face of considerable uncertainty a priori], *Trudy III Vsesoyuznoy shkoly – seminaro po statisticheskoy gidroakustike* [Trudy III All - Union Workshop on Statistical sonar]. Moscow: VNIIFTRI, 1971, pp. 284-288.

Статью рекомендовал к опубликованию к.т.н. В.Н. Душаткин.

**Илларионов Алексей Александрович** – Научно-исследовательский центр радиоэлектронного вооружения и формирования информационных ресурсов ВМФ; e-mail: sk\_tzse@mail.ru; 196604, Санкт-Петербург-Пушкин, ул. Красной Звезды, 31; тел.: 88124652706; начальник отдела.

**Козловский Сергей Викторович** – с.н.с.; к.т.н.

**Корякин Алексей Борисович** – АО «Таганрогский завод «Прибой»; e-mail: alexis\_koryakin@mail.ru; 347913, г. Таганрог, ул. Б. Бульварная, 13; тел.: 89045079565; начальник отдела.

**Щерба Сергей Евгеньевич** – e-mail: serg\_302@mail.ru; тел.: 88634390086; начальник бюро алгоритмического обеспечения.

**Шаронов Алексей Александрович** – Scientific-research center of radio electronic equipment and formation of information resources of the Navy; e-mail: sk\_tzse@mail.ru; 31, Red Stars street, Saint-Petersburg-Pushkin, 196604, Russia; phone: +78124652706; head of division.

**Kozlovski Sergey Viktorovich** – senior researcher; cand. of eng. sc.

**Korjakin Alexei Borisovich** – JSC "Taganrog plant" Priboy"; e-mail: alexis\_koryakin@mail.ru; 13, B. Bulvarnaya street, Taganrog, 347913, Russia; phone: +79045079565; head of division.

**Shcherba, Sergey Evgen'evich** – e-mail: serg\_302@mail.ru; phone: +78634390086; head office algorithmic software.

УДК 656.61.087: 623.82

**А.А. Илларионов, С.В. Козловский, В.П. Чернов**

### **ХАРАКТЕРИСТИКИ ГИДРОЛОКАЦИОННОГО ОТРАЖЕНИЯ АВТОНОМНЫХ ОБЪЕКТОВ МОНИТОРИНГА МОРСКОЙ СРЕДЫ**

*Обосновывается актуальность проблемы своевременного обнаружения автономных обитаемых аппаратов (АНПА), которые могут представлять собой потенциальные подводные диверсионно-террористические угрозы. Наиболее вероятная угроза представляется для объектов морской деятельности, обеспечивающих разработку морских нефтяных и газовых месторождений. В качестве средств наблюдения за подводными роботами на акватории рассматриваются мобильные и стационарные гидроакустические станции обеспечения безопасности. Проанализированы тактико-технические и конструктивные характеристики типовых АНПА «REMUS-100» и «Gavia», предназначенных для океанологических исследований и контроля характеристик морской среды. Данные подводные аппараты могут использоваться как базовые для диверсионной деятельности. Выполнен анализ характеристик гидролокационного отражения подводных роботов как малоразмерных гидроакустических объектов поиска с использованием методического подхода, основанного на оценке параметров эхо-портретов. Приводятся результаты экспериментальных лабораторных исследований характеристик гидролокационного отражения макета АНПА, аналогичного по конструктивным параметрам аппарату «Gavia». Экспериментальные исследования выполнены в исследовательском бассейне НИЦ РЭВ и ФИР ВМФ. По данным экспериментов на встречных носовых и кормовых углах значения эквивалентных радиусов отражения АНПА не превышают 0,15–0,25 м, а на бортовых углах в узком секторе -1,0–2,0 м. Отмечается трудность гидролокационного обнаружения таких объектов при использовании традиционных методов поиска малоразмерных целей. Объяснена причина, по которой существующие методы борьбы с реверберационной помехой в гидролокационных станциях обнаружения подводных пловцов, основанные на применении сложных широкополосных сигналов с высокой разрешающей способностью, при гидролокации подводных роботов типа «Gavia» малоэффективны. Для наблюдения за АНПА в гидроакустических станциях предлагается использовать признак пространственно-временной протяженности объектов и трассовую индикацию их движения с применением методов обработки изображений, элементов теории распознавания образов. Рекомендовано при поиске АНПА в морских и пресноводных акваториях использовать российские гидроакустические станции коммерческого назначения «Нерпа-М» и «Трал-М», имеющие положительный опыт эксплуатации при охране отечественных и иностранных объектов.*

*Автономный подводный аппарат; характеристики гидролокационного отражения; гидроакустические станции.*

**A.A. Ilarionov, S.V. Kozlovski, V.P. Chernov**

### **FEATURES SONAR REFLECTION AUTONOMOUS OBJECTS MARINE MONITORING**

*The urgency of the problem of early detection of autonomous underwater vehicle (AUV) that can be represent potential underwater subversive and terrorist threats is grounded. The most probable threat is represented for the installations of marine activity ensuring development marine oil and gas fields. As means of observation over underwater robots for harbour areas mobile and*