

УДК 681.583.3; 681.883.63

РАСШИРЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО ДИАПАЗОНА ПРИЕМНО-УСИЛИТЕЛЬНОГО ТРАКТА ГБО

© Ю.А. Клочан, В.И. Клочан, 2006

Научно-технический центр панорамных акустических систем НАН Украины, г. Запорожье

Розглянуті різні варіанти побудови приймально-підсилювальних трактів ГБО з широким динамічним діапазоном підсилювальних сигналів. Запропонована структура приймального тракту з подвійним динамічним діапазоном.

Рассмотрены различные варианты построения приемно-усилительных трактов ГБО с широким динамическим диапазоном усиливаемых сигналов. Предложена структура приемного тракта с удвоенным динамическим диапазоном.

Different construction versions of the receive-amplification paths of side scan sonar with wide dynamic range of amplified signals have been considered. Structure of the receiving path with double dynamic range has been proposed.

Динамический диапазон приемно-усилительного тракта ГБО является одной из его основных технических характеристик и определяется интервалом входных реверберационных сигналов, которые без искажений и ограничений в данном тракте могут усиливаться и передаваться в устройство цифровой обработки информации.

Динамический диапазон морской реверберации ГБО с учетом интервала изменения уровней объемной, поверхностной и донной реверберации в условиях изменения возможных глубин, типов грунтов, характеристик звукорассеивающих слоев над уровнем собственных электронных шумов приемно-усилительных трактов гидролокатора (рис. 1) по разным источникам превышает 140 дБ [1,2,3].

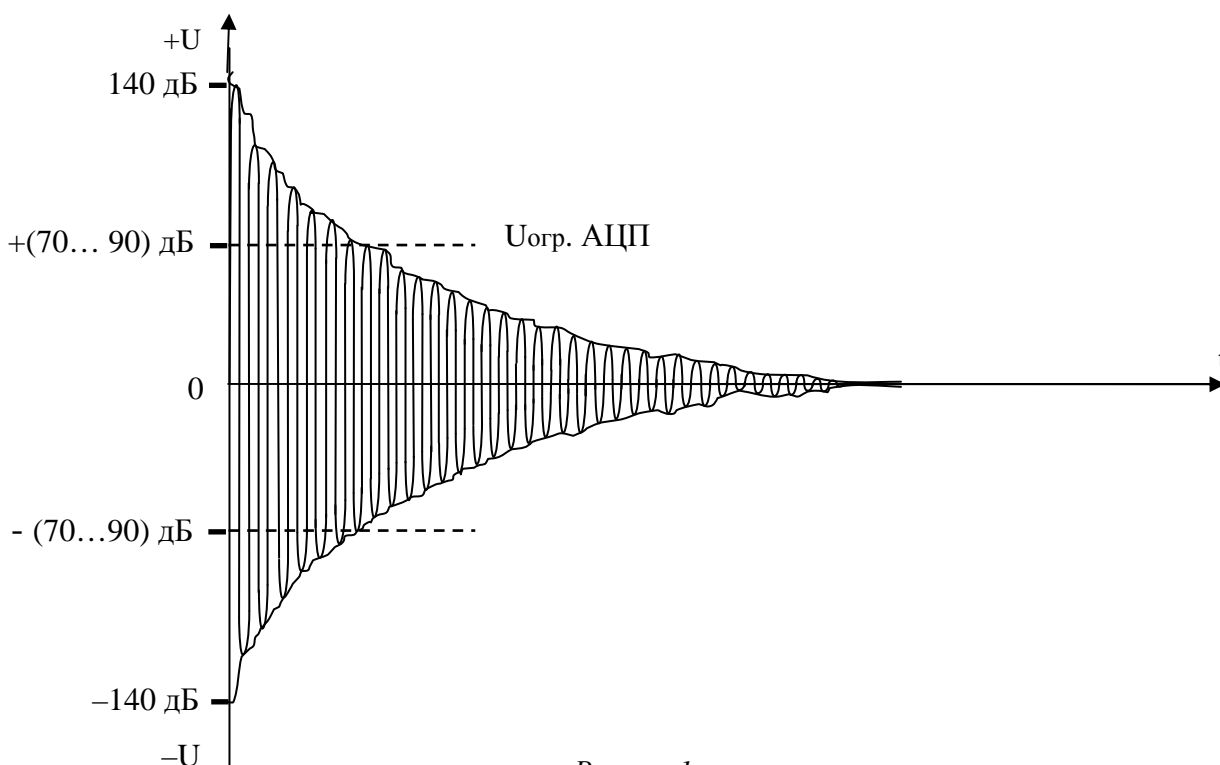


Рисунок 1

Вместе с тем устойчивый динамический диапазон предлагаемых современной промышленностью высокочастотных устройств сбора и аналого-цифрового преобразования (АЦП) гидролокационной информации (например, см. табл.1), как правило, реально не превышает 90-100 дБ (14-16 бит).

Таблиця 1.

№ п/п	Тип модуля сбора информации	Разрядность, бит	Частота преобразования на 1 канал, МГц	Количество входов АЦП
1.	ADSpici818*800M	18	0,8	8
2.	ADSpici214*100M	14	100	2
3.	L-783	12	3	32
4.	Sigma USB	16	0,5	16

Повышение разрядности в современных разработках ограничено максимальной частотой преобразования [4]. Потенциально сумма несущей частоты и полосы пропускания реверберационных сигналов в аналоговой форме ограничена половиной частоты дискретизации F_d .

На рис.2 приведена ориентировочная оценка реализуемости требуемой разрядности АЦП в зависимости от желаемой частоты преобразования. При этом в случае необходимости создания гидролокационного комплекса, включающего в свой состав n гидролокационных устройств (гидролокатор бокового обзора, эхолот, профилограф и др.), максимально возможная частота преобразования по каждому каналу для АЦП параллельного типа соответственно уменьшается в n раз.

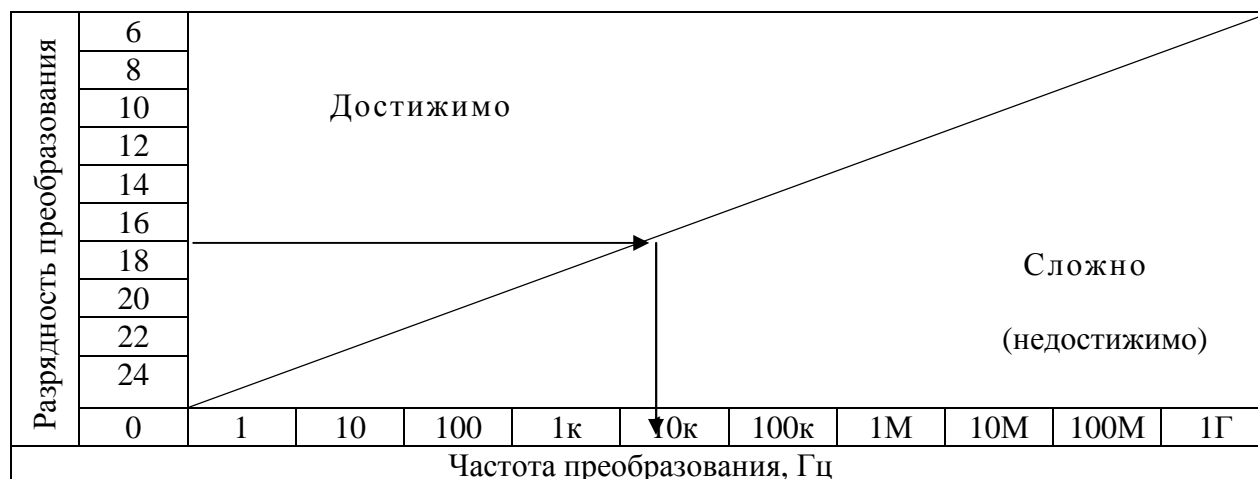


Рисунок 2

Значение разрядности АЦП здесь рассчитано из уравнения:

$$R = (N - 1,76)/6,02, \tag{1}$$

где N – требуемое соотношение сигнал/шум, дБ.

Упомянутое выше несоответствие динамических диапазонов реверберационного сигнала и устройств сбора и сопряжения массивов гидроакустической информации в большинстве существующих гидролокационных систем решается посредством оперативных регулировок усиления во входных усилительных каскадах (рис.3):

- ручной дискретной (или плавной) регулировки усиления;
- временной автоматической (программной) регулировки усиления, обеспечивающей сужение динамического диапазона усиливаемых реверберационных сигналов при одновременном решении задачи стационаризации реверберационного процесса;
- режима автоматической регулировки усиления (при решении задач обнаружения малоразмерных объектов).

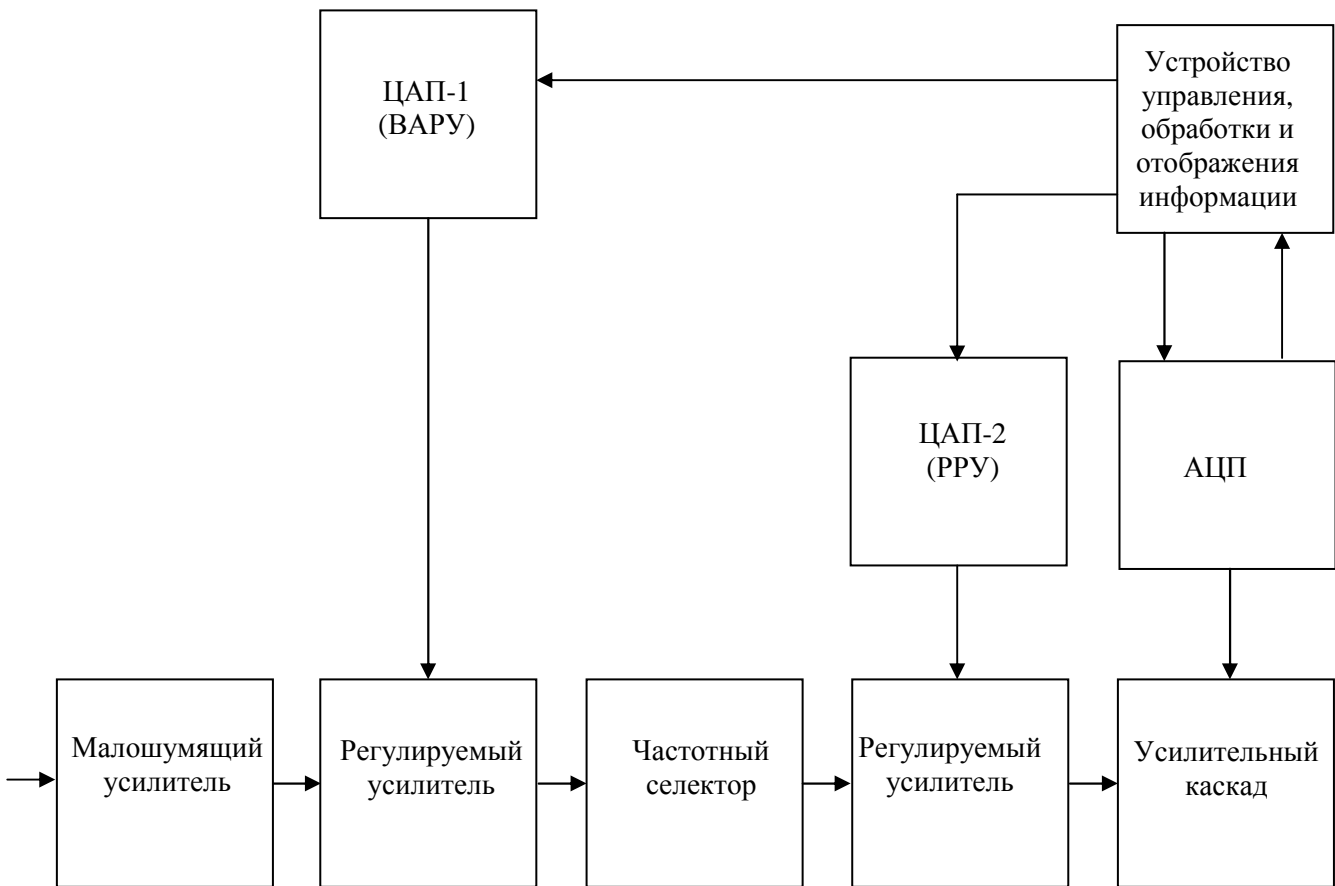


Рисунок 3

Вместе с тем аппаратные решения данных оперативных регулировок достаточно сложны в реализации. В рассматриваемом случае режимы и законы управления формируются программно, а затем преобразуются в цифро-аналоговых преобразователях в аналоговый вид для управления электронными регуляторами. При этом в программах регулирования во всем диапазоне изменения должны учитываться технологический разброс параметров используемых полупроводниковых элементов, а также формы динамических переходных характеристик аналоговых регуляторов. Последние, как правило, аппроксимируются сложными кусочно экспоненциальными зависимостями, причем изменяющимися в диапазоне рабочих температур. Невыполнение упомянутых выше

требований и условий по обеспечению необходимых законов регулирования в большинстве случаев приводит к снижению достоверности обрабатываемой гидролокационной информации.

Рассмотренных выше дестабилизирующих факторов можно избежать, если принять меры по непосредственному вводу (без регулирования в аналоговом виде) всего массива гидроакустической информации, поступающей с акустической антенны, в ПЭВМ гидролокационного комплекса и решения задач стационаризации реверберационного процесса непосредственно программными средствами.

Эффективным решением задачи устранения эффекта наложения (искажения) динамических диапазонов может стать обработка гидролокационных сигналов методом «окна». В частности, двухоконный режим может быть реализован по схеме приемного тракта, приведенной на рис. 4.

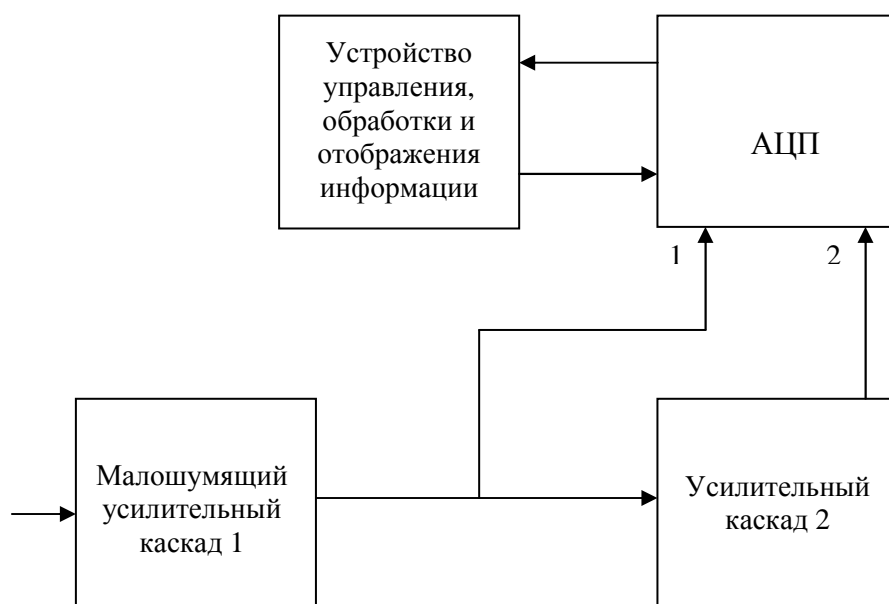


Рисунок 4

В данном случае динамический диапазон входных реверберационных сигналов посредством двухкаскадного усиления разбивается на две части, которые преобразуются в цифровой вид отдельно в двухканальном аналого-цифровом преобразователе. В первой части – обрабатываются эхо-сигналы большого уровня, усиленные только входным каскадом, во второй – эхо-сигналы небольшого и среднего уровня, усиленные обоими каскадами приемного тракта.

Соответствующая зависимость, определяющая соотношение коэффициентов усиления входного и последующего каскадов, с учетом динамических диапазонов входных реверберационных сигналов и выходного диапазона приемного тракта, описывается выражением:

$$K1, \text{дБ} = \text{ДДвх.сигн.}, \text{дБ} - K2, \text{дБ} - \text{ДДвых.}, \text{дБ} \quad (2)$$

и иллюстрируется семейством графических зависимостей, приведенным на рис.5 .

Вместе с тем данный вариант построения приемного тракта гидролокатора требует использования двухвходового АЦП, что в условиях упомянутого выше ограничения по быстродействию в ряде случаев в два раза снижает значение максимально возможной частоты преобразования.

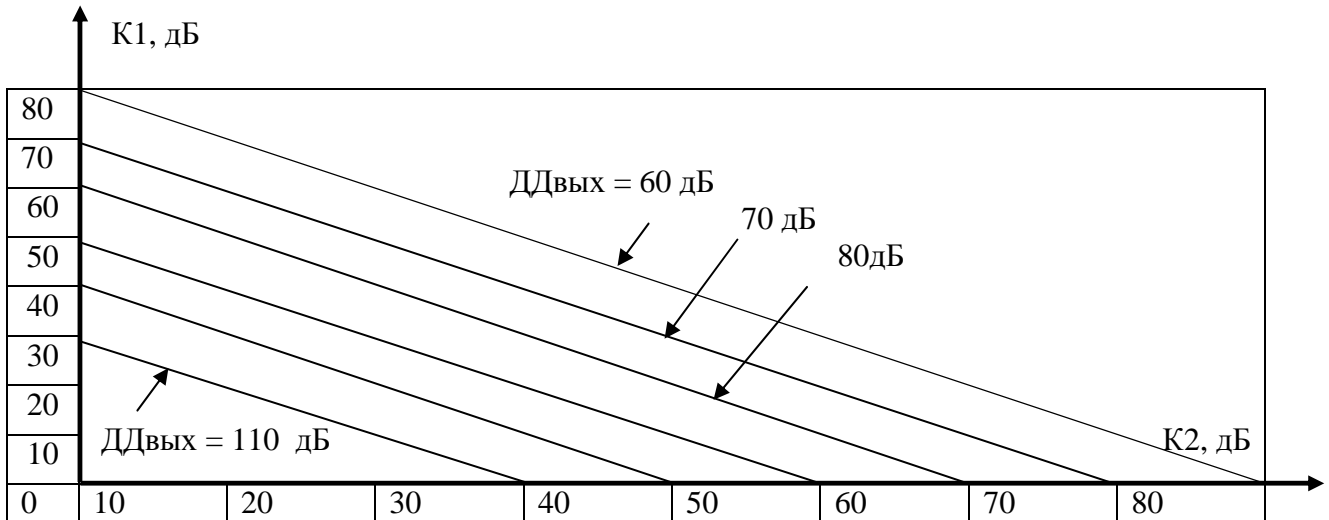


Рисунок 5

Для уменьшения количества необходимых входов АЦП рекомендуется использование приемно-усилительного тракта по схеме, приведенной на рис.6.

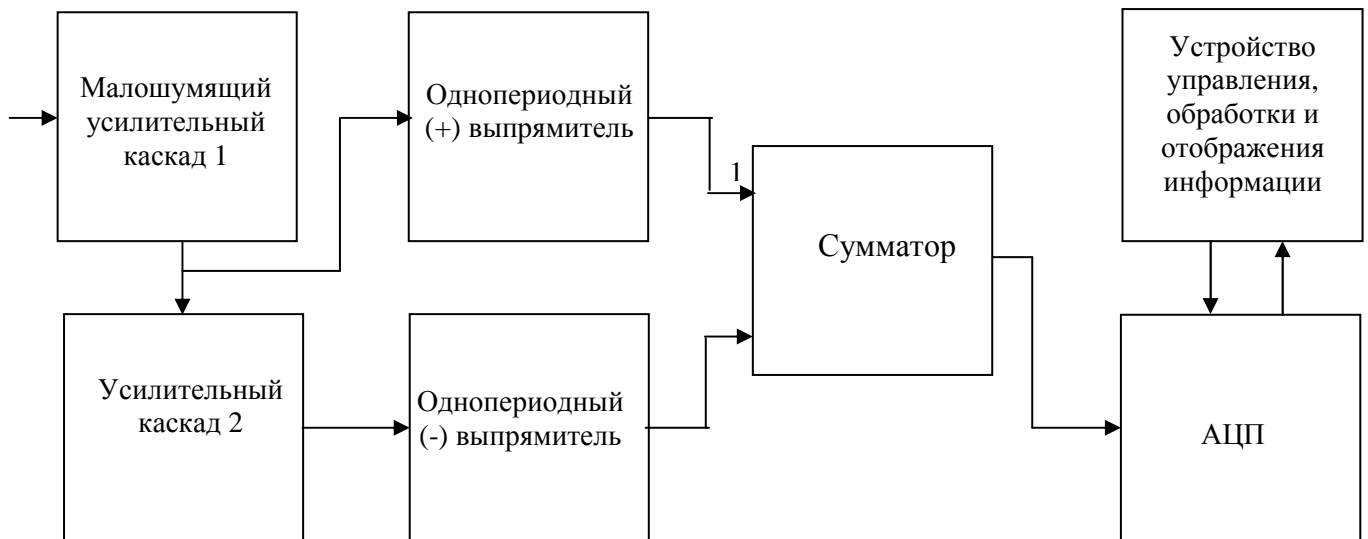


Рисунок 6

Здесь несущие колебания эхо-сигналов с выхода предварительного усилителя разделяются на положительные и отрицательные полуволны (рис.7).

Причем эхо-сигналы небольшого и среднего уровней положительной полярности предварительно усиливаются в K_2 раз и суммируются с сигналами большого уровня отрицательной полярности, которые усилены только предварительным усилителем в K_1 раз. Старшие разряды АЦП, соответствующие сигналам положительной полярности, усиленных

двумя усилителями в (K1 x K2) раз и превышающих порог ограничения, обнуляются программным путем в ПЭВМ гидролокационного комплекса.

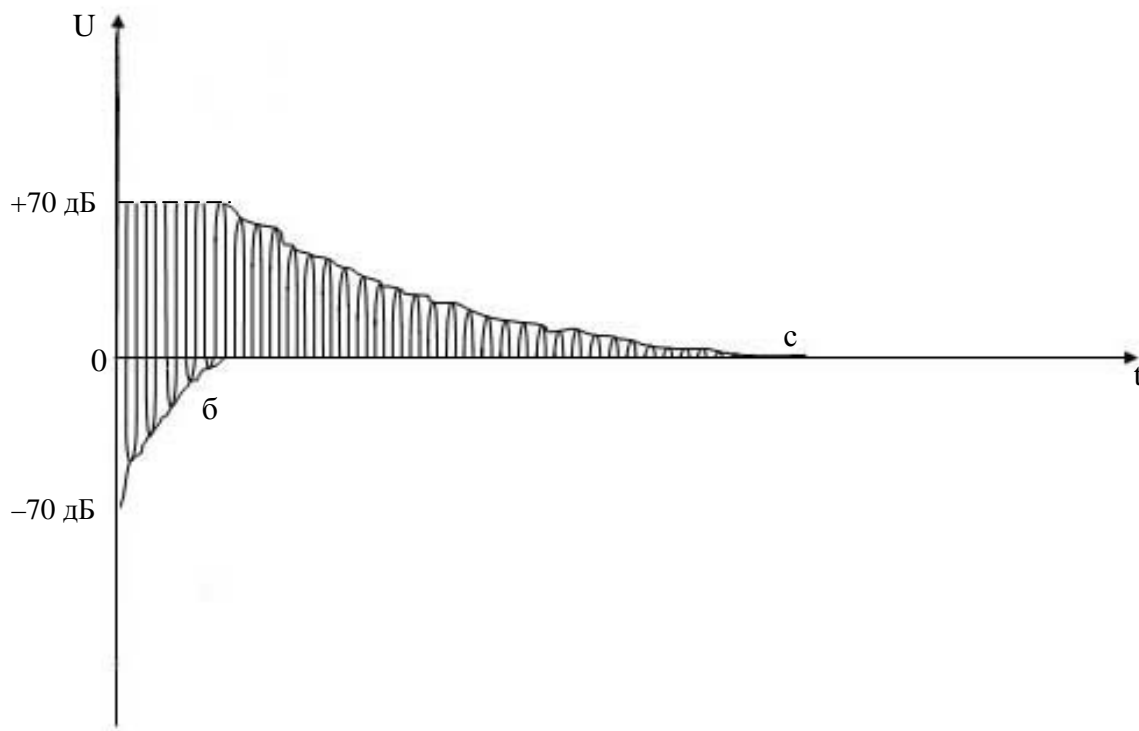


Рисунок 7

Реализация данного варианта построения тракта правомерна в силу того, что энергетический спектр реверберации, представленный на основании теоремы Винера–Хинчена, определяется:

- через ее корреляционную функцию [1] :

$$G_p(\omega) = 2(n)\alpha^2 |S(\omega)|^2, \quad (3)$$

где $|S(\omega)| = |\int S(t)\exp(-j\omega t)dt|$ – амплитудный спектр зондирующего сигнала;

n – число элементарных рассеянных сигналов реверберационного сигнала в точке приема;

(α^2) – второй начальный момент распределения коэффициента рассеяния.

- и с помощью преобразований Фурье, использующих ряд гармонических (симметричных относительно нуля) составляющих.

В силу приведенного фактора существует возможность разделения несущих колебаний реверберации на положительные и отрицательные полуволны без потерь информации о структуре амплитудного и фазового спектра для отдельного линейного усиления полуволн (с коэффициентами K1 и K1 x K2) и последующего суммирования перед аналого-цифровым преобразованием.

Таким образом, сигналы большого уровня, усиленные только в предварительном каскаде усиления, и сигналы малого и среднего уровня, усиленные всем трактом, без искажений передаются в устройство компьютерной обработки комплекса полуволнами

разной полярности. В результате, требование увеличения (удвоения) динамического диапазона неискаженных реверберационных сигналов реализуется при сохранении структуры их текущих энергетического и фазового спектров.

Литература

1. Яковлев А.Н., Каблов Г.П. Гидролокаторы ближнего действия. Л.: Судостроение, 1983. - 200 с.
2. Урик Р.Дж. Основы гидроакустики. Л.: Судостроение, 1974. - 448 с.
3. Евтютов А.П. и др. Справочник по гидроакустике. Л.: Судостроение, 1988. - 552 с.
4. Джерри Хорн. Физические пределы аналого-цифрового преобразования: Сборник Информационной службы Ship Center, 2005.