



СОДЕРЖАНИЕ

Статьи

<i>Гизитдинова М.Р., Кузьмицкий М.А.</i> Мобильные подводные роботы в современной океанографии и гидрофизике.....	4
<i>Шейнман Е.Л.</i> Критерии и алгоритмы оценки эффективности комплексирования информации в многоканальной информационной системе.....	14
* <i>Трусова О.И.</i> Программно-методический комплекс анализа данных при проведении испытаний стационарных гидроакустических систем.....	25
* <i>Семенов Н.Н.</i> Обнаружение сложного искусственного объекта, лежащего на грунте.....	36
* <i>Шолохов А.С.</i> Многоканальное цифровое устройство для имитации углового положения объектов в комплексах полунатурного моделирования гидроакустических сигналов.....	44
* <i>Дерновский В.Л.</i> Моделирование влияния вибраций на формирование изображения в теневых приборах с учётом конечных размеров источника света.....	50
* <i>Васильев А.Д., Терешкин А.А.</i> Экспериментальное исследование волнового гравитационного течения в канале.....	59

Рецензии на книги

Малышкин Г.С. Оптимальные и адаптивные методы обработки гидроакустических сигналов. Том 1.	64
---	----

Из истории науки

115 лет со дня рождения академика В.В.Шулейкина.....	65
100 лет диссертации Д.И.Менделеева «О соединении спирта с водой».....	69
Поздравляем	72
Внимание, конкурс!	77
Правила представления материалов в редакцию.....	80

* Доклады прочитаны на Первой конференции молодых ученых и специалистов «Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики» (МАГ-2009).

CONTENTS

Articles

<i>Gizitdinova M.R., Kuzmitsky M.A.</i> Mobile Underwater Robots in Modern Oceanography and Hydrophysics	4
--	---

In article the current state and prospects of development of system of the problems solved within the limits of hydrophysical researches of the World ocean, and system of means with which help these problems can be solved is analyzed. Modern position with oceanographic researches in the Russian Federation, the place and the role of mobile underwater robots (or UUVs) in their further development is considered. Dual character of missions which can effectively carry out UUVs in solving civil problems (research and commercial) and military-oriented problems is underlined. Advantages of use of independent networks of oceanographic measurements on the basis of UUVs are estimated. The spectrum functionally focused UUVs for achieving the primary goals of underwater researches is resulted.

Key words: the mobile underwater robot, hydrophysical researches, oceanography, independent networks.

<i>Sheinman E.L.</i> Criteria and Algorithms of the Efficiency Estimation of the Information Integration in Multichannel Information Processing System.....	14
---	----

The problem of the efficiency estimation of the information integration in multichannel information processing system is considered. The concept of a complex task of object detection (detection - classification - determination of position) for multichannel information processing system is determined, taking into account identification of signals, which have been detected in various information channels. Probabilistic criteria and analytical algorithms of the efficiency estimation of the complex task of object detection in multichannel information system are developed.

Key words: information integration efficiency, multichannel information processing system, efficiency criteria, identification of signals.

<i>Trusova O.I.</i> Program-methodical Data Analysis Complex in Tested Stationary Sonar Systems.....	25
--	----

The report considers a program-methodical analysis complex of data obtained in tests of stationary hydroacoustic systems. We consider a method for analyzing the characteristics of sonar signals, methods of analyzing the characteristics of reverberation and mode structure of the acoustic waveguide. Results of the analysis of experimental data of the high-frequency active sonar, held in shallow sea, are described.

Key words: sonar signals, reverberation, mode structure of waveguide, active sonar, methods of analyzing the characteristics, experimental data.

<i>Semenov N.N.</i> Detection of complex artificial object lying on the ground	36
--	----

Results of numerical modeling of a small-sized sonar are resulted at detection and estimation of parameters of the complicated artificial object lying at the bottom.

Key words: sonar, echosignal, bottom reflection, beam spread, interference.

<i>Sholokhov A.S.</i> Multichannel digital device for imitation of angular position of objects in complexes of half-scale modelling of hydroacoustic signals.....	44
---	----

Principles of construction of multichannel digital device are considered, allowing to model angular position of object of hydrolocation with use of electric channel of reception path of the test system. Device allows to expand opportunities of complexes of half-scale simulation, including multichannel electronic simulator of hydroacoustic signals, acoustical array and hydropool.

Key words: modelling, seminatural, the simulator, the shaper, time shift.

<i>Dernovsky V.L.</i> Simulation of vibration influence on image forming in schlieren visualizer of marine density inhomogeneities subject to finite size of light source.....	50
--	----

Simulation of image forming in autocollimating schlieren visualizer of marine density inhomogeneities, subject to vibration of hydrophysics apparatus carrier, is completed. Method of illumination field computing is brought. Illumination field is computed on the surface of the photodetector array, subject to inhomogeneities absence in viewing volume, for either coherent or incoherent light source.

Key words: schlieren device, simulation, vibration, image forming, finite size of light source.

<i>Vasiliev A.D., Tereshkin A.A.</i> Experimental research of the gravitational wave channel flow.....	59
--	----

This paper describes a research of wave and turbulent processes in the channel to the sudden destruction of bridges, which separates the initial time two liquids of different densities in the channel are made in the laboratory Department of fluid mechanics and marine acoustics of St. Petersburg State Marine Technical University. Processes taking place in the channel were recorded on a digital camera. The resulting video was divided into frames and the most interesting moments were represented. Evaluation of wave propagation velocity, the Reynolds number and Froude number was produced.

Key words: internal waves, stable and unstable stratification, visualization of the wave motion, the Boussinesq approximation.

*В соответствии с решением Научного совета
по проблемам фундаментальной и прикладной гидрофизики
редакция продолжает публиковать доклады¹, прочитанные на
Первой конференции молодых ученых и специалистов
«Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики»
(МАГ-2009)*

УДК 681.883

© О.И.Трусова²
truoi@mail.ru

ПРОГРАММНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС АНАЛИЗА ДАННЫХ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИСПЫТАНИЙ СТАЦИОНАРНЫХ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Рассмотрены методики анализа характеристик гидроакустических сигналов, реверберационной помехи и модовой структуры акустического волновода. Приведены результаты анализа данных экспериментов системы ВЧ активной гидролокации, проводимых в условиях мелкого моря.

Ключевые слова: гидроакустические сигналы, реверберационная помеха, модовая структура волновода, система активной гидролокации, методики анализ характеристик, экспериментальные данные.

В настоящее время большое внимание уделяется разработке гидроакустических систем (ГАС), работающих в условиях мелкого моря. Один из обязательных этапов разработки – проведение испытаний в реальных условиях.

При испытаниях ГАС необходимо проверить работоспособность всей системы в целом и отдельных её составляющих, для чего необходимо провести следующие исследования:

- проанализировать характеристики приемных и излучающих антенн (коэффициенты передачи гидрофонов и излучателей, диаграммы направленности антенн и т.п.);
- сравнить полученные характеристики с заданными параметрами системы и, если необходимо, провести подстройку этих параметров;
- проанализировать характеристики излучаемых сигналов, проверить правильность их формирования.

Мелкое море является достаточно сложной средой распространения звуковых волн. Для данной среды характерными являются множественные отражения от дна, поверхности воды и берегов, а также высокий уровень фонового шума и большое количество локальных помех. Значительное влияние на распространение звуковых сигналов (особенно для систем активной гидролокации) оказывают многомодовое (многолучевое) распространение и реверберационная помеха. [1]

¹ См. Сб. науч. тр. «Фундаментальная и прикладная гидрофизика». № 4(6). СПб.: Наука, 2009. С.31-58.

² ФГУП «НИИ «Атолл», г.Дубна

При проведении испытаний стационарных активных ГАС в реальных условиях мелкого моря необходимо учитывать влияние среды на распространение сигналов. В связи с этим возникает задача анализа характеристик среды распространения (модовой структуры акустического волновода, реверберационной помехи) в конкретном месте постановки системы, чтобы в дальнейшем использовать эти данные при обработке сигналов.

В качестве инструмента, который мог бы позволить быстро провести необходимый анализ, предлагается разработанный программно-методический комплекс (ПМК) анализа данных при проведении испытаний ГАС. Комплекс включает методики анализа коэффициентов передачи гидрофонов и излучателей, характеристик гидроакустических сигналов различных типов, характеристик среды распространения (реверберационной помехи, модовой структуры волновода) [2]. Перечисленные методики (алгоритмы) реализованы в виде программ (М-скриптов) в среде MATLAB. Таким образом, полученные при испытании ГАС данные (записи гидроакустических сигналов) можно проанализировать на ПК с помощью данного ПМК. Полученные результаты анализа сравниваются с заданными параметрами системы и в дальнейшем, при необходимости, проводится либо подстройка системы, либо полученные характеристики учитывают непосредственно при обработке.

Разработка ПМК велась на основе анализа экспериментальных данных испытаний стационарной системы активной ВЧ гидролокации, разработанной ФГУП «НИИ «Атолл».

Исходные данные разработки ПМК

Описание стационарной системы активной гидролокации. Стационарная система активной ВЧ гидролокации состоит из системы приема-передачи информации с модулем донным приемно-излучающим и устройством дистанционного питания (УДП), а также информационно-вычислительного комплекса (ИВК), берегового, обеспечивающего прием, хранение и обработку данных.

Структурная схема стационарной системы активной ВЧ гидролокации представлена на рис. 1.

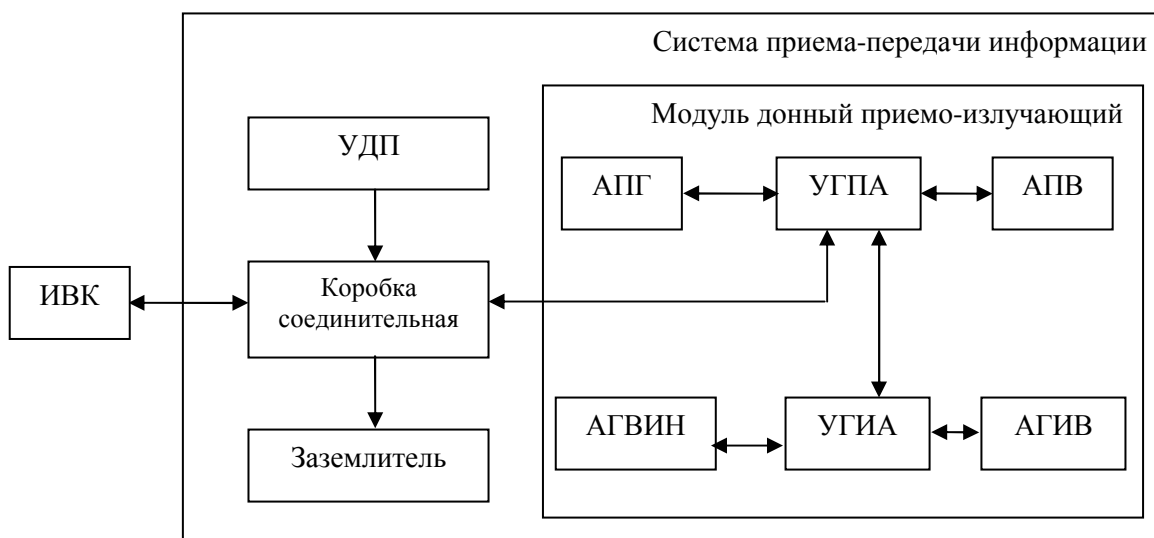


Рис. 1. Структурная схема стационарной ВЧ ГАС.

Модуль донный приемно-излучающий состоит из следующих компонент:

- две излучающие ФАР: НЧ с частотой резонанса $f_1 \sim 5$ кГц (АГВИН – антенна горизонтально-вертикальная излучающая низкочастотная) и ВЧ с частотой резонанса $f_2 \sim 10$ кГц (АГИВ – антенна горизонтальная излучающая высокочастотная);
- две приемные антенны, состоящие из нескольких десятков гидрофонов, горизонтально и вертикально распределенные в пространстве (АПГ – антенна приемная горизонтальная, АПВ – антенна приемная вертикальная);
- УГИА – устройство групповое излучающих антенн, обеспечивающее настройку параметров антенн, а также хранение (в цифровом виде), цифро-аналоговое преобразование и передачу сигналов подсветки на усилители и далее на излучатели ФАР;
- УГПА – устройство групповое приемных антенн, обеспечивающее прием, усиление и оцифровку сигналов, а также формирование потока данных и передачу его по кабелю на ИВК;
- опорная конструкция (стойки, муфты и т.п.);
- бочка, в которой устанавливаются УГИА, УГПА и блоки усилителей излучающих ФАР;
- соединительные кабели.

Упрощенная схема постановки донного приемно-излучающего модуля показана на рис. 2.

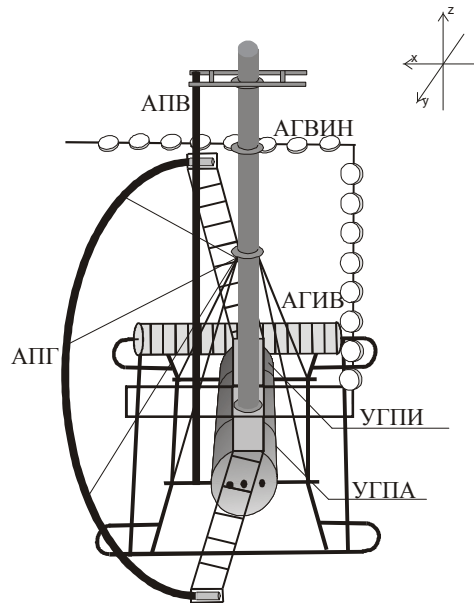


Рис. 2. Упрощенная схема постановки донного приемно-излучающего модуля.

Условия и методика проведения испытаний ГАС. Испытания системы проводились на испытательном полигоне ФГУП «НИИ «Атолл» на Ивановском водохранилище. Полигон представляет собой две стационарно установленные бетонные опоры (северная и южная платформы), отнесенные друг от друга на расстояние ~ 50 м. Донный приемно-излучающий модуль был установлен на дне водохранилища на расстоянии 2 м от северной опоры. Информационно-вычислительный комплекс и другая береговая аппаратура размещались в помещениях на северной опоре испытательного полигона.

Условия проведения экспериментов: очень мелкое море, глубина постановки системы около 5 м. Распространение гидроакустических сигналов в районе измерений характеризовалось существенным влиянием сложнопостроенного дна, совокупностью источников

помех в виде пространственно локализованных неоднородностей дна и подводных инженерных конструкций (местников), а также взволнованной поверхности [3, 4].

Во время испытаний анализировались характеристики системы и среды распространения (волновода).

Для анализа характеристик излучающих антенных решеток проводили эксперименты с помощью одиночного измерительного гидрофона, спускаемого на кабеле с лодки в сорока метрах от места постановки системы. Данные с гидрофона снимали с помощью спектроанализатора и записывали на ноутбук. Для анализа характеристик отдельных излучателей провели следующие эксперименты: отдельно каждым излучателем антенной решетки излучали тональный импульс и принимали его на измерительный гидрофон. Для проверки диаграммы направленности излучающих ФАР принимали на измерительный гидрофон сигналы в двух пространственных точках.

Для анализа коэффициентов передачи гидрофонов приемных антенн сделали записи шумов (при выключенных излучателях).

Эксперименты для анализа диаграммы направленности приемных антенн и анализа характеристик акустического волновода проводили с помощью одиночного излучателя, спускаемого с лодки. Излучение производили из пяти разнесенных в пространстве точек на расстоянии около 40 м от приемной системы. В качестве испытательных сигналов использовали тональные прямоугольные импульсы (длительность импульса ~ 100 мс, несущие частоты – f_1, f_2).

Для проверки правильности формирования сигналов подсветки проводили следующие эксперименты: антеннами системы излучали сигналы разных видов и принимали их на измерительный гидрофон в дальнем поле антенны (на расстоянии ~40 м). Для проверки правильности приема сигналов излученные антеннами системы сигналы различных видов принимали на гидрофоны горизонтальной и вертикальной антенн.

Методики анализа экспериментальных данных

Методика анализа относительных коэффициентов передачи гидрофонов приемных антенн. Прежде чем анализировать сигналы с гидрофонов приемных антенн необходимо проверить работоспособность всех приемников и определить коэффициенты передачи гидрофонов. Если коэффициенты передачи на разных гидрофонах разные, то уровни сигналов, снимаемых с этих гидрофонов, также различаются; следовательно, при совместной обработке сигналы разных уровней будут давать разный вклад и возникнут ошибки.

Для определения коэффициентов передачи гидрофонов произвели запись шумов на приемные антенны.

Все гидрофоны приемной антенны находятся в одинаковых условиях и одновременно принимают шумовой сигнал. Предполагаем, что частотный спектр шума, принятого на все гидрофоны в один и тот же момент времени, одинаковый. Следовательно, энергия шума на всех гидрофонах одинакова.

Ниже приведем методику определения относительных коэффициентов передачи гидрофонов. Пусть $V_i(t)$ – шумовой сигнал, принятый на i -й гидрофон антенны. Определим частотный спектр шума $Z_i(f)$, применив преобразование Фурье. Отфильтруем спектр в полосе частот сигналов, излучаемых ГАС, т.е. $Zh_i(f) = Z_i(f) \times h(f)$, где $h(f)$ – передаточная характеристика полосового фильтра (например, фильтр Баттерворта).

Определим по частотному спектру энергию шума на каждом гидрофоне: $E_i = \sum_f |Zh_i(f)|^2$. Исходя из предположения, что частотный спектр шума на всех гидро-

фонах одинаковый, энергию шума на каждом гидрофоне можно определить по формуле: $E_i = K_i^2 \cdot \sigma^2$, где K_i – коэффициент передачи i -го гидрофона, σ^2 – энергия шума.

Для определения коэффициентов передачи каждого гидрофона усредним энергию шума по гидрофонам:

$$\bar{E} = \frac{1}{I} \sum_i E_i = \left(\frac{1}{I} \sum_i K_i^2 \right) \cdot \sigma^2 = \bar{K}^2 \cdot \sigma^2$$

и произведем следующую операцию:

$$\frac{E_i}{\bar{E}} = \frac{K_i^2 \cdot \sigma^2}{\bar{K}^2 \cdot \sigma^2} = c \cdot K_i^2 \rightarrow \sqrt{c \cdot K_i^2} = K_i \cdot \alpha.$$

Таким образом, получаем коэффициент передачи гидрофона с точностью до некоторой константы α .

При выравнивании сигналов с гидрофонов необходимо привести их к общему уровню. Для этого определим максимальный по гидрофонам коэффициент передачи и отнормируем на него коэффициент передачи каждого гидрофона: $K_{ni} = \frac{K_i}{\max(K_i)}$. Таким образом, получим относительные коэффициенты передачи гидрофонов.

Для более достоверной статистической оценки усредним относительный коэффициент передачи каждого гидрофона, определенного по 20 временным реализациям шумового сигнала: $\bar{K}_{ni} = \frac{1}{20} \sum_j K_{ni,j}$, где $j = 1 \dots 20$.

Таким образом, получаем относительные коэффициенты передачи гидрофонов с точностью до некоторой константы α . Следовательно, чтобы привести сигналы с приемников к общему уровню, необходимо отнормировать сигналы на коэффициент передачи соответствующего гидрофона.

Методика анализа относительных коэффициентов передачи отдельных излучателей антенных решеток. Для определения коэффициента передачи отдельных излучателей антенных решеток проводили специальные эксперименты. На один излучатель подавали тональный сигнал, остальные излучатели отключали. Принимали сигнал на измерительный гидрофон, отнесенный от системы на расстояние около 40 м.

По сигналу от каждого излучателя определяем энергию (как описано выше) и сравниваем между собой. Определяем относительные коэффициенты передачи каждого излучателя и при необходимости используем для подстройки.

Пусть $U_n(t)$ – тональный сигнал, излученный n -м излучателем антенны, принятый на измерительный гидрофон. Определим частотный спектр сигнала $Z_n(f)$, применив преобразование Фурье (БПФ). Отфильтруем спектр в полосе частот сигнала, т.е. $Z_{h_n}(f) = Z_n(f) \times h(f)$, где $h(f)$ – передаточная характеристика полосового фильтра (например, фильтр Баттерворта). Определим по частотному спектру энергию сигнала для каждого излучателя: $E_n = \sum_f |Z_{h_n}(f)|^2$. Для повышения статистической оценки энергию излучателей необходимо усреднить по нескольким реализациям (моментам зондирования), т.е. $\bar{E}_n = \frac{1}{M} \sum_m E_n^{(m)}$. Затем можно определять коэффициент передачи каждого излучателя $K_n = \frac{\bar{E}_n}{\max(\bar{E}_n)}$.

Если энергия излучателей по антенне сильно различается, то необходимо подстраивать излучатели к одному уровню либо аппаратно, либо программно, нормируя на коэффициенты передачи.

Методика анализа диаграмм направленности приемных и излучающих антенн. Для горизонтальной и вертикальной приемных антенн по сигналам от стороннего излучателя определяем диаграммы направленности.

Пусть $s_i(t)$ – сигнал стороннего излучателя, принятый на i -й гидрофон антенны. Находим частотный спектр сигнала, применив преобразование Фурье $Z_i(f)$.

Затем определяем вектор компенсации для каждого гидрофона антенны в рабочей полосе частот сигнала для всех пространственных направлений:

$$H_i(\theta, f) = \exp\left[\frac{j2\pi f}{c}(x_i \cos \theta + y_i \sin \theta)\right],$$

где θ – пространственный угол, $i = 1 \dots Ng$ – номер гидрофона антенны, $f = Fn \dots Fv$ – частота (Fn – нижняя частота рабочей полосы, Fv – верхняя частота), $c = 1500$ м/с – скорость звука в воде (для данных условий), x_i и y_i – пространственные координаты антенны.

Проводим пространственную обработку, т.е. на каждом угловом канале производим свертку спектра сигнала на i -м гидрофоне с вектором компенсации, и суммируем по гидрофонам:

$$Z_p(\theta, f) = \sum_i Z_i(f) \cdot H_i(\theta, f)^*.$$

Для определения диаграммы направленности суммируем по частоте квадрат модуля спектра сигнала после пространственной обработки на каждом пространственном канале:

$$D(\theta) = \sum_f |Z_p(\theta, f)|^2.$$

Для определения диаграмм направленности излучающих антенн излучали ЛЧМ сигналы и принимали их на измерительный гидрофон в дальнем поле (на расстоянии ~ 40 м от места постановки ГАС). Диаграммы направленности определяли по такому же алгоритму, как и для приемных антенн.

Полученные диаграммы направленности анализируют, сравнивают с рассчитанными теоретически и при необходимости подстраивают характеристики антенн.

Методика анализа характеристик среды распространения. Мелкое море, где проводились испытания ГАС, – это очень сложная среда распространения сигналов. Особенно сильное влияние на сигнал оказывают реверберационная помеха и многолучевое (многомодовое) распространение. Вертикальная приемная антенна позволяет анализировать модовую структуру акустического волновода [5].

Для определения модовой структуры волновода используем тональный сигнал от стороннего излучателя, по которому исследовали диаграмму направленности, принятый на гидрофоны вертикальной антенны.

Из временной реализации сигнала выделяем интервал равный двум длительностям сигнала; если позволяют вычислительные возможности, берем всю реализацию. Затем с помощью скользящего окна (например, окна Хэмминга, длительности T и шагом перекрытия ΔT), на каждом шаге определяем диаграмму направленности. В результате получаем пространственно-временное распределение сигнала, по которому можно

проанализировать модовую структуру волновода, и характер распространения сигнала по волноводу. Чем меньше длительность окна и больше шагов анализа, тем точнее получаем результат.

В мелком море значительное влияние на распространение сигналов оказывает реверберационная помеха, особенно донная (стационарная) реверберация, характеристики которой остаются постоянными в течение длительного временного интервала, поэтому для конкретного места постановки ГАС можно их определить и учитывать при обработке [3].

Основные характеристики реверберации, которые можно определить по принятым на гидрофоны сигналам, – это закон спада и среднее значение (по амплитуде). Реверберацию определяют или по простым тональным импульсам, при условии их строгой синхронизации, или по сложным многоимпульсным сигналам. В первом случае на каждом гидрофоне по множеству реализаций (моментам зондирования) усредняем амплитуду реверберации и таким образом получаем среднее значение, которое можно компенсировать при обработке. Во втором – среднее значение реверберации определяем по межимпульсным интервалам сложных многоимпульсных сигналов. Данная методика применяется, если в системе не соблюдены условия синхронизации.

Методика анализа характеристик сигналов подсветки. При проведении испытаний ГАС необходимо проверить правильность формирования и излучения сигналов подсветки [4].

Один из методов анализа – определение корреляционных свойств. Сигнал, принятый на гидрофон антенны, сворачиваем (методом быстрой свертки) с модельным сигналом. Получаем взаимную корреляционную функцию и сравниваем её с автокорреляционной функцией модельного сигнала. Для проверки несущей частоты и частотной характеристики сигналов подсветки определяем спектр сигнала с помощью БПФ и сравниваем со спектром модельного сигнала.

Результаты анализа экспериментальных данных

Анализ данных, полученных при проведении испытаний стационарной ГАС проводился с помощью разработанного ПМК.

На рис. 3 приведены относительные коэффициенты передачи гидрофонов приемных антенн.

Из графиков рис. 3 можно сделать вывод, что в антеннах присутствуют нерабочие гидрофоны (коэффициент передачи равен или близок к нулю). Коэффициенты имеют достаточно большой разброс, следовательно, при обработке сигналов необходимо это учитывать.

На рис. 4 приведена энергия отдельных излучателей ВЧ и НЧ фазированных антенных решеток (ФАР).

Из рис. 4 видно, что в ВЧ излучающей антенне имеются неработающие излучатели, и энергия по излучателям имеет большой разброс. В НЧ излучающей антенне все излучатели исправны, и энергия достаточно равномерно распределена по излучателям.

По тональным сигналам от стороннего излучателя, принятым на горизонтальную и вертикальную антенны (рис. 5), определили диаграммы направленности приемных антенн.

Диаграммы направленности приемных антенн, горизонтальной и вертикальной, представлены на рис. 6.

Для анализа модовой структуры волновода был проведен специальный эксперимент. С помощью одиночного излучателя, спускаемого на кабеле с резиновой лодки, в нескольких стационарных точках, отнесенных от приемной системы на расстояние до

40 м, излучали тональные сигналы (100 мс импульсы) с несущими частотами f_1 и f_2 .
Графики данных сигналов, принятых на вертикальную антенну, представлены на рис. 7.

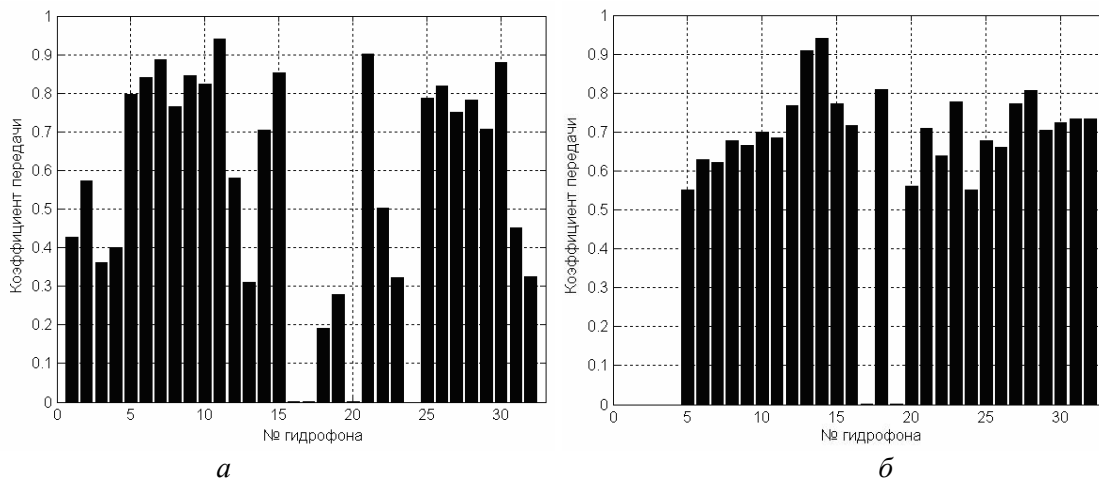


Рис. 3. Относительные коэффициенты передачи гидрофонов горизонтальной (а) и вертикальной (б) приемных антенн.

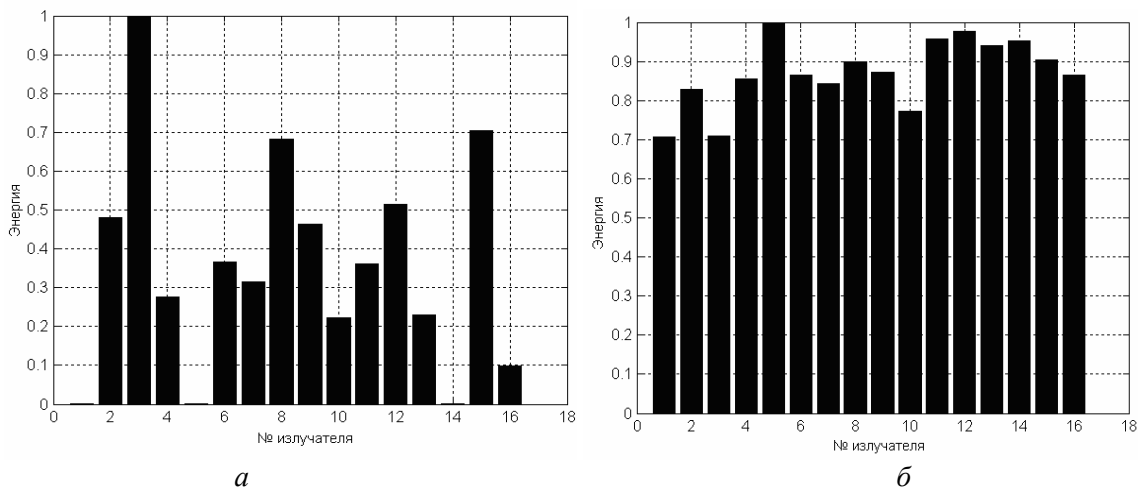


Рис. 4. Энергия излучателей ВЧ (а) и НЧ (б) ФАР.

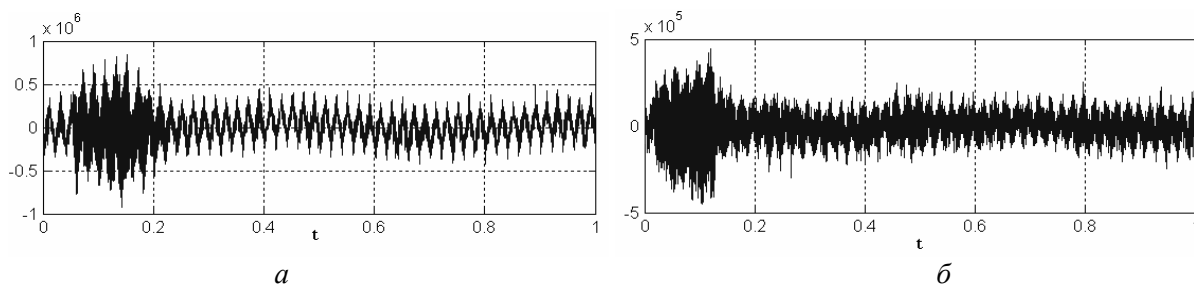


Рис. 5. Тональные сигналы стороннего излучателя, принятые на горизонтальную (а) и вертикальную (б) антенны.

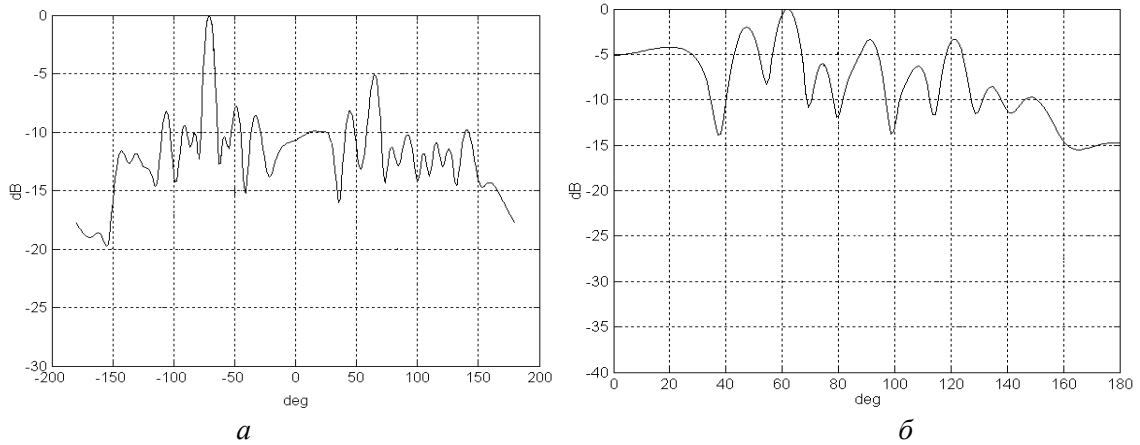


Рис. 6. Диаграммы направленности горизонтальной (а) и вертикальной (б) приемной антенны.

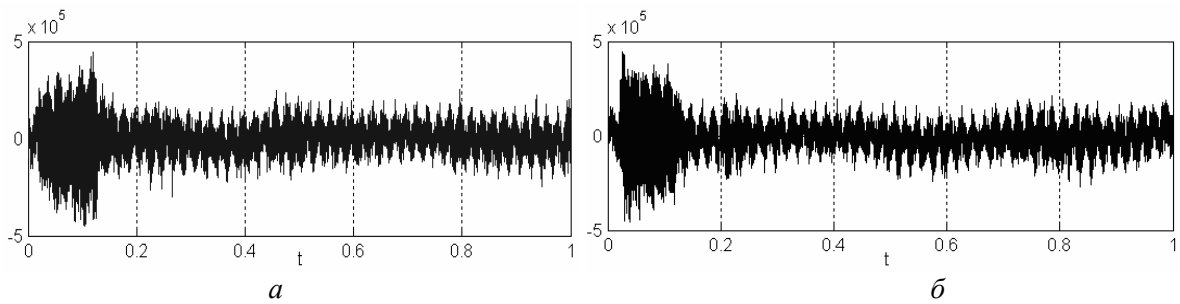


Рис. 7. Тональные сигналы стороннего излучателя с несущей частотой f_1 (а) и f_2 (б), принятые на вертикальную антенну.

По приведенным сигналам от стороннего излучателя построено пространственно-временное распределение сигналов с вертикальной приемной антенны [5]. Проанализировав распределение, полученное по тональному сигналу с несущей частотой f_2 , сделаны следующие выводы. Модовая структура сохраняется на всем интервале длительности импульса. Основной шумовой сигнал приходит с направления 90° , т.е. перпендикулярно структуре волновода. Можно выделить два луча ($\sim 84^\circ$ и 95°), которые вступают первыми и заканчиваются строго по окончании импульса, т.е. не имеют реверберационного «хвоста», из чего можно сделать предположение, что данные лучи являются прямыми водными лучами. Для подтверждения были построены сечения пространственно-временного распределения.

Из графиков рис. 8. видно, что в сечениях по 95° (рис. 8, а) и 83° (рис. 8, б) по окончании импульса уровень сигнала резко падает до -30 дБ, а дальше начинает колебаться на уровне -25 дБ. Данные факты подтверждают наше предположение, что в данных направлениях нет реверберационного «хвоста».

По сигналу с несущей частотой f_1 также построили пространственно-временное распределение и получили, что основной шум приходит с направления 90° , т.е. с водного горизонта. Интенсивность сигнала с направления $\sim 85^\circ$ резко падает по окончании импульса и не имеет реверберационного «хвоста». Следовательно, можно предположить, что сигнал с данного направления является прямым водным лучом.

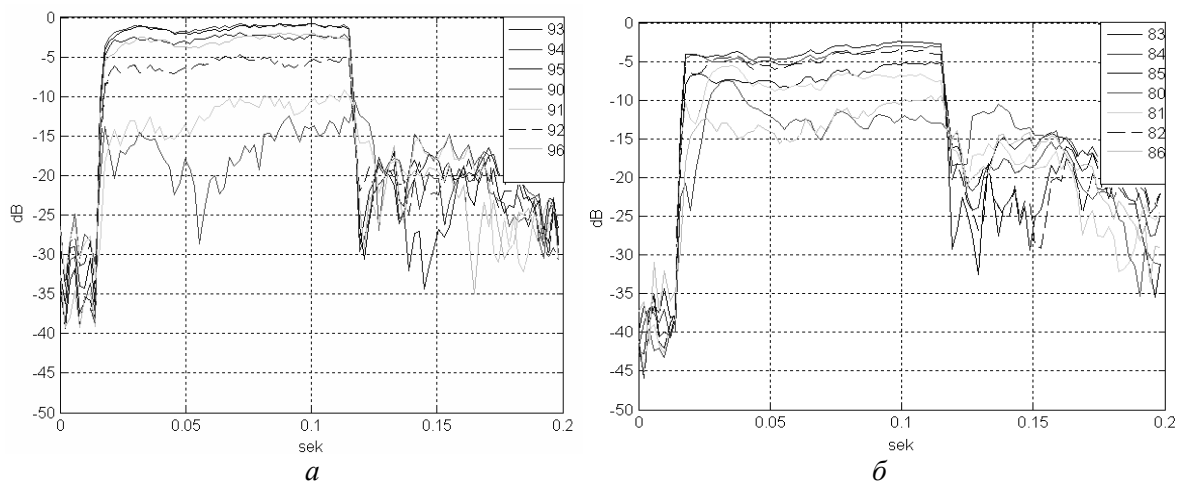


Рис. 8. Сечения пространственно-временного распределения тонального сигнала (частота f_2), принятого на вертикальную антенну.

Таким образом, выделенные на вертикальной антенне сигналы без реверберации, могут использоваться в качестве опорного сигнала для так называемой пространственной фильтрации. Так как в анализируемой системе не соблюдалось строгое условие синхронизации, то характеристики стационарной реверберации определяли по б-импульсной последовательности тональных импульсов. График модуля комплексной огибающей данной последовательности представлен на рис. 9. На рис. 10 представлен график спада интенсивности стационарной реверберации, полученный путем усреднения межимпульсных интервалов.

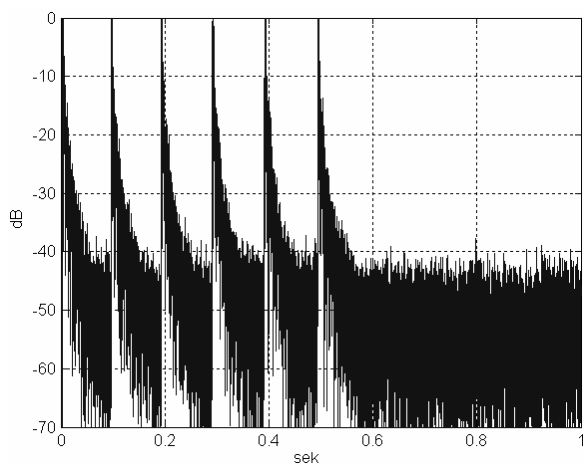


Рис. 9. Модуль комплексной огибающей б-импульсной последовательности тональных импульсов.

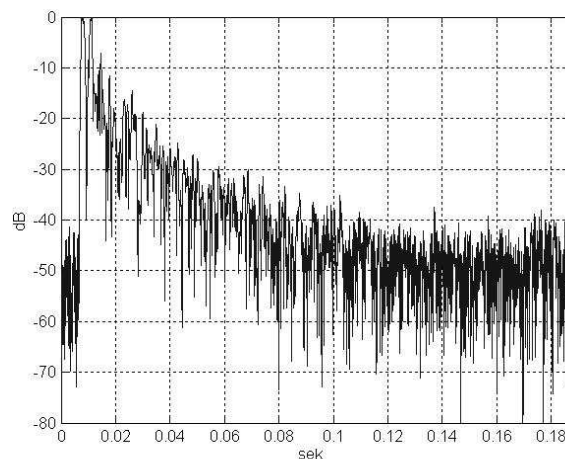


Рис. 10. Спад интенсивности стационарной составляющей реверберации.

Таким образом, получаем закон изменения спада интенсивности стационарной составляющей реверберации, который в дальнейшем можно использовать для компенсации реверберации.

Данный ПМК позволяет по экспериментальным данным получать диагностическую информацию о системе, т.е. коэффициенты передачи гидрофонов приемных антенн и отдельных излучателей излучающих ФАР, а также определять диаграммы направленности приемных и излучающих антенн.

По сигналам от стороннего излучателя, принятым на гидрофоны вертикальной антенны, можно проанализировать модовую структуру волновода в конкретном месте постановки ГАС. По сложным многоимпульсным сигналам с помощью ПМК также можно анализировать характеристики реверберационной помехи.

С помощью ПМК был проведен анализ экспериментальных данных, полученных при испытании стационарной системы активной ВЧ гидролокации, разработанной ФГУП «НИИ «Атолл».

Разработанный комплекс в дальнейшем можно использовать для анализа экспериментальных данных подобных систем активной гидролокации.

Литература

1. Урик Р.Дж. Основы гидроакустики / Пер с англ. Л.: Судостроение, 1978. 448 с.
2. Трофимов А.Т., Трусова О.И. Комплекс программно-методического обеспечения анализа данных при проведении испытаний гидроакустических систем // Тез. докл. 15-й Междун. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов «Радиоэлектроника, электротехника и электроника». М.: Изд. дом МЭИ, 2009. С.382-383.
3. Гринюк А.В., Кравченко В.Н., Трофимов А.Т., Трусова О.И., Хилько А.И. Натурные опыты по подавлению реверберационных помех при высокочастотной импульсной локации в мелком море с неоднородным дном // Тр. XII школы-семинара им. акад.Л.М. Бреховских «Акустика океана», совмещенные с XXI сессией Российского Акустического Общества. М.: ГЕОС, 2009. С.252-255.
4. Там же. С.248-251.
5. Трусова О.И., Трофимов А.Т. Анализ пространственно-временных характеристик передаточной функции среды распространения гидроакустических сигналов в прибрежной зоне мелкого моря // Тр. Российского науч.-техн. о-ва радиотехники, электроники и связи им.А.С.Попова. Серия: Цифровая обработка сигналов и ее применение. Вып.:XI-2. Москва. 2009. С.529-531.

Статья поступила в редакцию 27.11.2009 г.

