

УДК 621.372.54

С.С. Мосолов, А.В. Скарня**ГИДРОЛОКАТОР БОКОВОГО ОБЗОРА С ФАЗОВОЙ ОБРАБОТКОЙ СИГНАЛА**

Описан фазовый гидролокатор бокового обзора гидроакустического комплекса для контроля за миграцией ценных пород рыб созданный в ОАО «НИИП», в основе которого лежит цифровая фазированная антенная решётка (ЦФАР). Показаны влияние неидентичности характеристик приёмных каналов на ЦФАР. Учёт неидентичности позволяет уменьшить ширину главного лепестка и снизить уровень боковых лепестков ЦФАР. Основываясь на результатах моделирования или реальных измерений, можно реализовать согласованный адаптивный фильтр, параметры которого перестраиваются в соответствии с изменением параметров эхосигнала при его распространении в среде.

Фазовая обработка; гидролокатор бокового обзора; цифровая фазированная антенная решетка.

S.S. Mosolov, A.V. Sknarya**SIDE-SCAN SONAR WITH PHASE SIGNAL PROCESSING**

The phase side-scan sonar (PSSS) of a hydroacoustic complex for the control over migration of valuable breeds of fishes created in Public Corporation "NIIP" in which basis the digital phased antenna array (DPAA) lays is described. Are shown influence non-identical characteristics of reception channels on DPAA. The account nonidentity allows to reduce width of the main petal and to lower level of lateral petals DPAA. Being based on results of modeling or real measurements, it is possible to realize the coordinated adaptive filter which parameters are reconstructed according to change of parameters sonar echo at its distribution to the environment.

Phase treatment; side-scan sonar; digital phased array antenna.

По мере своего развития человечество все больше использует биологические ресурсы морей и океанов, включая и вылов различных видов рыб. При этом, как следует из многолетней практики использования рыбных ресурсов, отсутствие должного контроля за выловом рыб может привести к резкому уменьшению их количества вплоть до полного исчезновения. Последнее означает, что для рационального использования биоресурсов водного пространства Земли необходим учет и контроль их использования.

Следует отметить, что используемые в настоящее время для решения данной задачи технологии и технические средства, базирующиеся в основном на использовании однолучевых эхолотов, являются малоэффективными и не удовлетворяют требованиям сегодняшнего дня.

И действительно, увеличивающиеся потребности в биоресурсах морей и океанов требуют уже практически постоянного учета и контроля их использования, что возможно только при использовании таких технологий и технических средств, которые смогут обеспечить решение данной задачи с высоким качеством и в минимальные сроки. А именно этому критерию существующие в настоящее время технические средства и технологии не соответствуют.

При решении задач учета и контроля использования биоресурсов, безусловно, на первое место следует поставить решение задачи учета или подсчета биоресурсов, поскольку это позволит вести планирование их дальнейшего использования.

Во главу решения данной задачи следует поставить также и обеспечение достаточно быстрого обзора водной толщи, поскольку от соблюдения данного условия зависит точность подсчета рыбных скоплений.

Еще одним условием обеспечения точности подсчета рыб является обеспечение высокого пространственного разрешения гидролокатора.

Как показали ранее проведенные исследования, в качестве альтернативы одностороннему эхолоту может быть использован гидролокатор бокового обзора (ГБО) [1].

Подтверждением этому могут также служить и результаты, которые были получены при проведении натурных испытаний ГБО, разработанных в ОАО «НИИП», в том числе и последней их версии – ГБО серии «Неман».

На рис. 1, в качестве примера, приведено акустическое изображение, полученное правым бортом ГБО во время его натурных испытаний на полигоне ОАО «НИИП» на Москве реке. Технические характеристики гидролокатора следующие: рабочая частота гидролокатора – 290 кГц, разрешающая способность по дальности – 3 см, диаграмма направленности антенны в горизонтальной плоскости – $0,5^\circ$.

В верхней части акустического изображения (по горизонтали) отложена наклонная дальность в метрах, а сам гидролокатор, установленный вместе с антеннами левого и правого бортов на лодке типа «Зодиак», двигался снизу-вверх.

На рис. 1 видно, что часть рыб находится под локатором в толще воды и наблюдаются как «маленькие» белые точки. В то же время не меньше по количеству рыб находится в стороне от линии движения лодки и их можно наблюдать в виде «маленьких» черных точек, которые являются акустическими тенями от рыб, находящихся в толще воды сбоку от линии движения.



Рис. 1. Акустическое изображение дна с затопленным деревом и «стайкой» рыб

Таким образом, если бы в данном случае для оценки рыб использовался односторонний эхолот, то полученные результаты были бы явно заниженными.

В этом случае применение ГБО позволяет более корректно решать данную задачу.

Однако, и это видно из приведенного рис. 1, отсутствие углового разрешения в вертикальной плоскости в ГБО затрудняет решение задачи подсчета количества рыб.

Одним из вариантов решения данной проблемы является введение в вертикальной плоскости углового разрешения, что может быть реализовано в гидролокаторе бокового обзора с фазовой обработкой сигнала (ФГБО).

Разработка подобного гидролокатора вместе с соответствующим программным обеспечением, включающего программы первичной, вторичной и даже третичной обработки, позволит создать не только новые технические средства, но и новые технологии для оценки рыбных ресурсов как на внутренних водоемах, так и в прибрежных морях.

Подобный гидролокатор был разработан и изготовлен в ОАО «НИИП» менее чем за год (апрель 2010 – январь 2011 гг.) в рамках реализации Федеральной целевой программы «Развитие гражданской морской техники» на 2009–2016 гг., утвержденной Постановлением Правительства Российской Федерации.

Антенная система для гидролокатора была разработана и изготовлена специалистами ЗАО НПП «НЕЛАКС».

Как указывалось выше для обзора водного пространства в ФГБО использовался принцип бокового обзора, дополненный с целью реализации углового разрешения в вертикальной плоскости цифровой фазированной решеткой (ЦФАР) на приеме [2].

Данный вариант гидролокатора предназначен для размещений на борту судна и может быть использован для решения таких задач, как рыбооценочные мероприятия по обнаружению и подсчету одиночных рыб ценных пород и глубин их погружения, рыбооценочные мероприятия для контроля за миграцией ценных пород рыб, гидролокационные учетно-траловые съемки, экологические исследования и т.д.

К основным техническим характеристикам гидролокатора следует отнести в первую очередь его энергетический потенциал, который позволяет на дистанции не менее 450 м обнаруживать объекты с силой цели -45 дБ, что достигается за счет использования сложных зондирующих сигналов. При этом обеспечивается сектор обзора водной толщи по каждому борту в горизонтальной плоскости $1,5^\circ$, а в вертикальной – 90° .

В гидролокаторе реализованы несколько интересных идей, к которым в первую очередь следует отнести реализацию сектора обзора в 90° в вертикальной плоскости для антенны каждого борта, а также тракт приема.

Известно, что для реализации ЦФАР на приеме необходимо, чтобы тракт приема был многоканальным. И здесь основная сложность заключается в том, что каналы приема являются неидентичными. Неидентичными характеристиками обладают и элементы самой антенной решетки. А в итоге это означает, что для корректной реализации ЦФАР необходим учет реальных фазочастотных характеристик всех элементов, входящих в тракт приема. Последнее реализуется за счет проведения калибровки приемного тракта гидролокатора, включая и его приемную антенну. Результатом такой калибровки является получение комплексных калибровочных коэффициентов для каждого канала приема – $K_i = k_i e^{j\zeta_i}$, где k_i , ζ_i – соответственно, модуль и фаза калибровочного коэффициента i -го канала.

В общем случае K_i может быть рассчитан аналитически для конкретной реализации антенной решетки и приёмного тракта гидролокатора или измерен экспериментально.

Полученные таким образом комплексные калибровочные коэффициенты для каждого канала приема далее используются для формирования веера диаграмм направленности на приеме [2].

На рис. 3 и 4 в качестве примера приведены синтезированные изображения ЦФАР, разработанного ФГБО до ввода калибровочных коэффициентов (рис. 3), а на рис. 4 – после их введения в обработку.

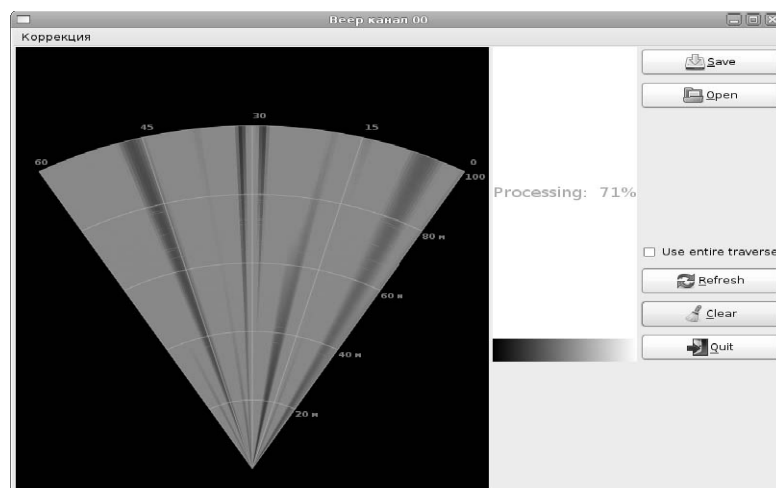


Рис. 3. Синтезированное изображение ЦФАР до ввода калибровочных коэффициентов

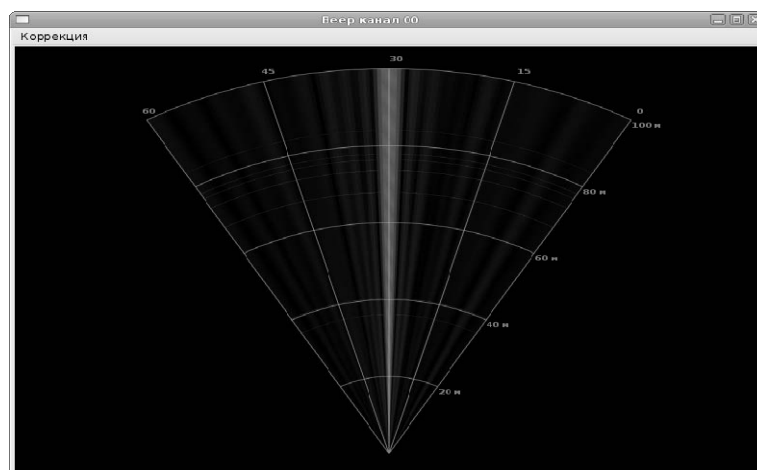


Рис. 4. Синтезированное изображение ЦФАР после ввода калибровочных коэффициентов

Как видно из рис. 3 и 4, учёт неидентичности частотных характеристик каналов ЦФАР позволяет уменьшить ширину главного лепестка и снизить уровень боковых лепестков ЦФАР.

Однако в данном гидролокаторе приемный тракт построен несколько в расширенном варианте, что связано с дополнительным учетом влияния среды на характеристики сигнала при его распространении.

Если влияние среды на характеристики сигналов обозначить через коэффициент $K_c(j\omega, r)$, который учитывает изменение характеристик сигнала при прохождении им расстояния r в водной толще, то тогда можно записать спектр $S(j\omega)$ эхосигнала следующим образом:

$$S(j\omega, r) = S_{изл}(j\omega) \cdot K_c(j\omega, r) \cdot K_{пр}(j\omega),$$

где $S_{изл}(j\omega)$ – спектр излучаемого (зондирующего) сигнала, $K_{пр}(j\omega)$ – передаточная характеристика приёмного тракта.

Тогда, основываясь на результатах моделирования или реальных измерений, можно реализовать согласованный адаптивный фильтр, параметры которого перестраиваются в соответствии с изменением параметров эхосигнала при его распространении в среде.

По сути, в этом случае речь идет о гидролокаторе, адаптивного к условиям распространения сигнала в среде.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Воронин В.А., Долгов А.Н., Кудрявцев Н.Н., Тарасов С.П. Применение панорамного эхолота - видеоплоттера ПЭВ-К для экологического мониторинга и оценки рыбных скоплений на мелководье // Известия ТРТУ. – 2002. – № 6 (29). – С. 49-53.
2. Григорьев Л.Н. Цифровое формирование диаграммы направленности в фазированных антенных решетках. – М.: Радиотехника, 2010.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н. В.А. Воронин.

Мосолов Сергей Сергеевич

Научно-исследовательский институт приборостроения им. В.В. Тихомирова

E-mail: sknarya.a@otd301.niip.ru.

140180, г. Жуковский, Московская обл., ул. Гагарина, 3

Тел.: 84955569968.

Начальник сектора.

Скнарья Анатолий Васильевич

К.т.н.; старший научный сотрудник; начальник отдела гидроакустических систем.

Mosolov Sergey Sergeevich

JSC V.V. Tikhomirov Scientific Research Institute of Instrument Design

E-mail: sknarya.a@otd301.niip.ru.

3, Gagarin Street, Zhukovsky, Moscow region, 140180, Russia.

Phone: + 74955569968.

Chief of Sector.

Sknarya Anatoly

Cand. of Eng. Sc.; Senior Scientist; Chief of Department of Hydroacoustic Systems.

УДК 534.222

А.С. Пашня

ОЦЕНКА АНИЗОТРОПНЫХ СВОЙСТВ ШУМОВ МОРЯ В РАЙОНЕ ГЕЛЕНДЖИКА

Приведены результаты расчетов анизотропии поля поверхностных источников шума в одном из районов побережья Черного моря вблизи Геленджика. Для сравнения приведены результаты расчета анизотропии шумового поля для плоского волновода с параметрами расчетной модели в месте расположения точки приема. Получены оценки анизотропных свойств динамических шумов глубокого океана для летних и зимних условий. Алгоритм расчета включает в себя два этапа: расчет горизонтальных лучей и суммирование вкладов источников шума.

Топография дна; угол скольжения; азимутальный угол.