



Гидроакустические средства визуализации для необитаемых подводных аппаратов

Владимир Лекомцев

Приводится описание характеристик типового ряда гидролокаторов, разрабатываемых в ОАО «Акустический институт им. акад. Н.Н. Андреева» и предназначенных для освещения подводной обстановки с использованием необитаемых подводных аппаратов – телеуправляемых или автономных. При разработке всех гидролокаторов значительное внимание уделяется минимизации объема аппаратуры, который в основном ограничивается размерами антенны, определяемыми в свою очередь требованиями к дальности действия и разрешающей способности. Все гидролокаторы имеют унифицированный интерфейс Ethernet. Приводится пример объединения разрабатываемых гидролокаторов в многофункциональную гидроакустическую систему, предназначенную для промерных, навигационных и поисковых целей.

Для визуализации подводной обстановки с применением телеуправляемых и автономных подводных аппаратов используются главным образом оптические и акустические средства. Оптические средства визуализации благодаря существенно более короткой длине волны обеспечивают наибольшее разрешение. Однако вследствие значительного поглощения света дальность действия оптических средств освещения даже в чистой воде не превышает десятков метров, а в мутной воде, характерной для условий проведения подводно-технических работ, а также для большинства внутренних водоёмов, она не превышает метра. В этом случае практически единственную возможность для получения информации о подводной обстановке предоставляют гидроакустические средства благодаря существенно меньшему затуханию звука в воде.

Очевидным требованием к гидроакустическим средствам визуализации, кроме высокой дальности действия, является обеспечение высокой разрешающей способности, определяемой как размерами элемента разрешения, так и числом этих элементов. Стремление одновременно уменьшить весогабаритные характеристики гидролокатора и повысить его разрешающую способность не-

Таблица 1
Ориентировочные оценки оптимальной частоты и линейного размера антенны в зависимости от дальности действия для гидролокатора секторного обзора с числом разрешаемых элементов порядка 100

Дальность действия, м	20	50	100	200	500	1000
Оптимальная частота, кГц	710	360	220	130	67	40
Длина антенны, м	0,21	0,42	0,68	1,15	2,24	3,75

избежно приводит к необходимости повышения рабочей частоты. Однако повышение рабочей частоты сдерживается ростом коэффициента поглощения звука и соответственно дальности действия гидролокатора [1]. Таким образом, существует прямая связь между дальностью действия гидролокатора и оптимальной рабочей частотой, и, следовательно, размерами антенны. В табл. 1 приведены ориентировочные оценки оптимальной частоты и соответственно линейного размера антенны в зависимости от дальности действия для гидролокатора секторного обзора с числом разрешаемых элементов порядка 100 [2].

Следует отметить, что с увеличением дальности действия гидролокатора, с одной стороны, увеличиваются размеры антенны и гидролокатора в целом, а с другой – ухудшается линейное разрешение с увеличением дистанции. Так, даже при угловом разрешении $0,5^\circ$ на дистанции 100 м линейное разрешение составит порядка 1 м, что неприемлемо

при поиске и распознавании малогабаритных объектов. Повышение линейного разрешения в этом случае возможно при приближении гидролокатора к подводному объекту с помощью телеуправляемых или автономных подводных аппаратов.

В зависимости от решаемой задачи освещения подводной обстановки для установки на подводные аппараты могут быть востребованы все известные типы гидролокаторов: многолучевые эхолоты (МЛЭ) – для картирования дна, поиска объектов на дне и в водной толще, гидролокаторы бокового обзора (ГБО) – для поиска объектов на дне в широкой полосе обзора, а при использовании интерферометрического ГБО (ИГБО) – и для площадной съёмки рельефа дна, гидролокаторы секторного обзора (ГСО) – для обеспечения навигационной безопасности и поиска объектов по курсу движения подводного аппарата. Особой разновидностью гидролокаторов секторного обзора являются 2D- и 3D-звуко-

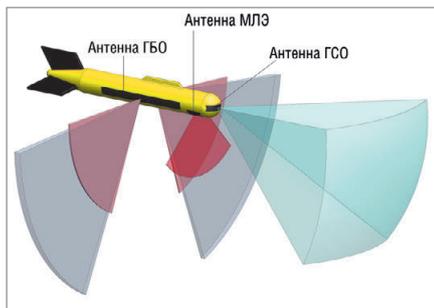


Рис. 1. Общий вид многофункциональной гидроакустической системы

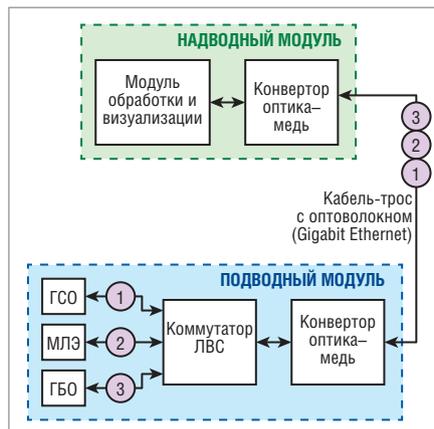
визоры, отличающиеся повышенной разрешающей способностью по углу (не хуже 1°) и по дистанции (порядка 1 см). Эти звуковизоры могут использоваться для поиска, обследования и распознавания подводных объектов по их акустическому изображению.

ОАО «Акустический институт им. акад. Н.Н. Андреева» (АКИН) имеет определённый опыт разработки всех перечисленных типов гидролокаторов. В своём классе гидролокаторы АКИН соответствуют мировому уровню. Однако все эти гидролокаторы, за исключением портативного водолазного звуковизора, имеют значительные весогабаритные характеристики и рассчитаны на консольное крепление к борту судна либо на буксировку с помощью кабеля-троса. Для более лёгких телеуправляемых (ТПА) и автономных необитаемых подводных аппаратов (АНПА) необходима разработка новых гидроакустических средств основных типов: МЛЭ, ГБО, ИГБО и ГСО.

Многофункциональная гидроакустическая система

Востребованность в различных гидролокаторах для подводных аппаратов учитывается при разработке многофункциональной гидроакустической системы (МФГС), предназначенной для площадной съёмки дна и обеспечения навигационной безопасности плавания. Общий вид МФГС с расположением антенн и секторов обзора представлен на рис. 1.

В состав этой системы входят многолучевой эхолот, гидролокатор бокового обзора, интерферометрический ГБО и вперёдсмотрящий гидролокатор секторного обзора. Все эти гидролокаторы размещаются на одном носителе, который может либо жёстко крепиться к борту судна, либо буксироваться за кабель-трос. Для обеспечения возможности использования отдельных гидролокаторов, входящих в состав МФГС, на телеуправляемых или автономных под-



Условные обозначения:

1 – информация от ГСО, формат UDP, 30 Мбит/с;
2 – информация от МЛЭ, формат UDP, 200 Мбит/с;
3 – информация от ГБО, формат UDP, 15 Мбит/с.

Рис. 2. Схема информационных потоков в МФГС

водных аппаратах предпринимаются следующие меры:

- минимизируются весогабаритные характеристики;
- предусматривается возможность механического отсоединения отдельных гидролокаторов;
- унифицируются электрический и программный интерфейсы.

Схема информационных потоков в МФГС представлена на рис. 2.

Каждый из гидролокаторов предусматривает обмен информацией по стандарту Ethernet. Для обеспечения обмена информацией с каждым из гидролокаторов по одному кабелю используется стандартный коммутатор локальной вычислительной сети (ЛВС). При такой организации информационных потоков каждый из гидролокаторов может использоваться независимо от других.

Далее приводится краткая характеристика отдельных гидролокаторов, входящих в состав МФГС.

Гидролокатор секторного обзора

ГСО предназначается для обеспечения навигационной безопасности буксируемого тела. Корпус гидролокатора выполнен в виде полусферы диаметром 190 мм. Для размещения антенны часть полусферы выбрана под цилиндрическую поверхность радиусом 100 мм. Антенна состоит из трёх рядов пьезоэлементов (ПЭ), работающих в обратимом режиме. Каждый ряд содержит 20 ПЭ, размещаемых на дуге протяжённостью 106° . Корпус ГСО закрепляется в носовой части буксируемого тела так, чтобы антенна была обращена в сторону его движения, а дуги с ПЭ располагались в горизонтальной плоскости.

Таблица 2

Основные технические характеристики ГСО

Характеристика	Значение
Ширина сектора обзора, $^\circ$:	
• в горизонтальной плоскости	60
• в вертикальной плоскости	30
Дальность действия, м	500
Угловое разрешение, $^\circ$	6
Разрешение по дистанции, см	10
Габариты, мм	190×190×180
Вес в воздухе/воде, кгс	5/2
Рабочая глубина, м	300

Блок электроники размещается внутри полусферического корпуса ГБО и частично выступает за её пределы. Для обеспечения герметичности блок электроники закрывается крышкой, выполненной в виде цилиндрического колпака. Высота колпака составляет 60 мм. На задней крышке колпака размещается герморазъём на 8 контактов. К герморазъёму подключается кабель, содержащий 4 витые пары. Две пары используются для связи с внешним потребителем по стандарту Fast Ethernet, а две другие – для подачи питания от внешнего источника тока.

По Ethernet-связи подводный модуль передаёт выборку сигналов со всех элементов приёмной антенны. Оцифровка входных сигналов, а также их цифровая фильтрация, децимация и формирование передаваемых пакетов производятся под управлением программируемой логической интегральной схемы (ПЛИС), входящей в состав блока электроники. Кроме того, ПЛИС формирует излучаемые сигналы, сигнал управления коэффициентом усиления, осуществляет приём сигналов управления, передаваемых пользователем по Ethernet-связи. Эти сигналы управления позволяют варьировать параметры излучаемого сигнала (длительность, период посылки, полосу частот и форму), длительность выборки, сектора облучения.

Основные технические характеристики ГСО представлены в табл. 2.

Многолучевой эхолот

МЛЭ выполнен в форме цилиндра диаметром 120 мм и высотой 170 мм. Излучающая антенна длиной 120 мм вмонтирована вдоль образующей цилиндрического корпуса. Приёмная антенна имеет форму дуги и располагается на боковой поверхности одной из крышек корпуса. Для совмещения поверхности этой антенны с поверхностью обтекателя буксируемого тела радиус дуги антенны приравнивается радиусу буксируемого тела, равной

Таблица 3

Основные технические характеристики МЛЭ

Характеристика	Значение
Рабочая частота, кГц	750
Дальность действия, м	50
Ширина сектора обзора, °	60
Угловое разрешение, °	1
Разрешение по дистанции, см	1
Габариты, мм	∅120×170
Вес в воздухе/воде, кгс	5/2
Рабочая глубина, м	300

Таблица 4

Основные технические характеристики ГБО

Характеристика	Значение
Рабочая частота, кГц	135
Дальность действия на один борт, м	500
Ширина сектора обзора, °	60
Угловое разрешение, °	0,6
Разрешение по дистанции, см	5
Длина антенны, мм	930
Габариты блока электроники, мм	∅96×270
Вес в воздухе/воде, кгс	2/1

Таблица 5

Основные технические характеристики 2D-звуковизора разработки ФГУП «АКИН»

Характеристика	Значение
Рабочая частота, кГц	450
Дальность действия, м	100
Ширина сектора обзора, °	45
Угловое разрешение, °	1
Разрешение по дистанции, см	2,5

Таблица 6

Основные технические характеристики 3D-звуковизора разработки ФГУП «АКИН»

Характеристика	Значение
Рабочая частота, кГц	1000
Дальность действия, м	20
Ширина сектора обзора, °	30×30
Угловое разрешение, °	1×1
Разрешение по дистанции, см	1
Габариты, мм	∅100×200
Интерфейс	Ethernet

95 мм. В угловом измерении длина приёмной антенны составляет 74°.

Блок электроники МЛЭ выполняет те же функции, что и блок электроники ГСО: формирование излучаемых сигналов, усиление сигналов с элементов приёмной антенны с регулируемым по времени коэффициентом усиления, оцифровку этих сигналов, цифровую фильтрацию, децимацию и пересылку пользователю по стандарту Gigabit Ethernet. Для подключения МЛЭ к Ethernet-линии в основании его цилиндрического корпуса монтируется герморазъём на 8 контактов. Подача питания в МЛЭ производится по сигнальным парам проводов с использованием технологии Power over Ethernet (PoE). В состав бло-

ка электроники дополнительно включены датчики крена, дифферента и электронный компас.

Основные технические характеристики МЛЭ приведены в табл. 3.

Гидролокатор бокового обзора

ГБО включает в свой состав блок электроники, конструктивно выполненный в виде цилиндра диаметром 96 мм и высотой 270 мм, и две линейные антенны, одна из которых крепится к левому борту буксируемого тела, а вторая – к правому. Подключение антенн к блоку электроники производится с помощью гибких кабелей и герморазъёмов.

Основные технические характеристики ГБО приведены в табл. 4.

Интерферометрический гидролокатор бокового обзора

ИГБО формируется на основе одной из секций антенны ГБО и второй линейной антенны, параллельной антенне ГБО и разнесённой с ней в вертикальной плоскости приблизительно на 10 см. Длина второй антенны равна длине одной секции антенны ГБО – 430 мм. Расчётная дальность действия ИГБО составляет 300 м, точность воспроизведения рельефа дна – 0,5 м.

Звуковизоры

Звуковизор по существу является гидролокатором с высоким пространственным разрешением (не менее 1° по углу и несколько сантиметров по дистанции), позволяющим выделить не только отметку в направлении объекта, но и его форму. Следующее отличие касается требования формировать акустическое изображение в режиме реального времени. По этой причине к звуковизорам не следует причислять упоминавшиеся ранее гидролокаторы бокового обзора и многолучевые эхолоты – эти устройства хотя и могут быть использованы для построения акустического изображения подводных объектов, но лишь при условии механического перемещения антенны и формирования акустического изображения по многим посылкам гидролокационного сигнала.

По размерности сканируемого пространства звуковизоры могут быть двух- или трёхмерными. Основные характеристики 2D- и 3D-звуковизоров, разработанных АКИН за последнее время, представлены в табл. 5 и 6 соответственно.

Детальный обзор современного состояния звуковизоров как гидроакустических средств подводного наблюдения можно найти в [3]. Там приводятся примеры воспроизведения акустического изображения различных объектов с помощью изготовленных в Акустическом институте экспериментальных образцов 2D- и 3D-звуковизоров, даются оценки оптимальных рабочих частот в зависимости от требуемой дальности действия, анализируются тенденции дальнейшего развития звуковизоров. Там же описаны аппаратные решения для звуковизоров и экспериментального стенда, в которых используются высоконадёжные современные устройства, в частности, отладочный минимодуль на базе ПЛИС Xilinx, промышленный компьютер и блок электроники Advantech, ноутбук Panasonic.

Надводный модуль

В качестве надводного модуля обработки и визуализации во всех перечисленных разработках традиционно используется защищённый ноутбук Panasonic CF-52. Этот ноутбук хорошо зарекомендовал себя при работе с первым 3D-звуковизором (рис. 3) [3]. За 3 года эксплуатации в натуральных условиях, порой весьма неблагоприятных, не было ни единого отказа. Встроенный интерфейс Gigabit Ethernet обеспечивает в реальном масштабе времени приём данных как со звуковизора, так и с МФГС, а вычислительные ресурсы ноутбука позволяют производить необходимую обработку входных данных в темпе их поступления. Несомненным достоинством ноутбука Panasonic CF-52 является также его малое энергопотребление, позволяющее при использовании штатного аккумулятора обеспечивать непрерывную работу в течение 7 часов, то есть практически весь рабочий день.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время в Акустическом институте разрабатывается усовершенствованная модель 3D-звуковизора, отличающегося более широким сектором



Рис. 3. Подводный модуль 3D-звуковизора, разработанного в ФГУП «АКИН»

обзора (45°) и более высокой разрешающей способностью (0,7°). Кроме того, для существенного повышения производительности поиска в нём реализован режим двумерного сканирования, позволяющий за одну посылку зондирующего сигнала «просмотреть» весь двумерный сектор наблюдения. Режим 3D-сканирования в этом случае включается при обнаружении какого-либо объекта для его окончательного распознавания.

Минимизация весогабаритных характеристик и использование стандартного интерфейса Ethernet позволяют практически без доработки размещать разра-

батываемые гидролокаторы на ТПА. Передача данных на надводный модуль будет производиться по стандартному интерфейсу Ethernet. При этом на дистанциях до 100 м можно использовать медный кабель, а на больших — оптоэлектрический.

Для размещения разрабатываемых гидролокаторов на автономных подводных аппаратах потребуется изготовление дополнительного модуля, позволяющего записывать сигналы с элементов антенны в энергонезависимую память. Использование стандарта Ethernet для связи гидролокатора с этим дополнительным модулем позволит сделать его уни-

версальным и применять с любым изделием, имеющим этот интерфейс. ●

ЛИТЕРАТУРА

1. Урик Р. Дж. Основы гидроакустики : пер. с англ. — Л. : Судостроение, 1978.
2. Лekomцев В.М., Титаренко Д.В., Швед А.П. Цифровой звуковизор для реконструкции трёхмерного изображения подводных объектов // Сб. трудов XVIII сессии РАО. — М. : ГЕОС, 2006. — Т. 2. — С. 82–85.
3. В. Лekomцев, Д. Титаренко. Современные средства подводного звуковидения // Современные технологии автоматизации. — 2011. — № 3. — С. 36–46.

E-mail: vlekotsev@yandex.ru

НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ

Advantech и ПРОСОФТ: истоки и перспективы сотрудничества

Сотрудничество между компаниями ПРОСОФТ и Advantech, отмечающей свой 30-летний юбилей, было начато в 1992 году. Возвращаясь к его истокам, можно вспомнить, что причины начала такого сотрудничества, на первый взгляд, выглядят случайными. Руководитель компании ПРОСОФТ С.А. Сорокин получил каталог американской выставки Comdex и послал нескольким ИРС-компаниям из этого каталога предложение о сотрудничестве. Advantech была фирмой, которая ответила наиболее быстро и позитивно, первый заказ был выполнен точно и в срок. А после сравнения качества шасси Advantech и ряда других производителей, включая известные бренды из США, выбор окончательно склонился в сторону тайваньских коллег.

Сегодня Advantech — всемирно известный бренд, предлагающий широкий спектр оборудования и услуг на международном рынке промышленной автоматизации и встраиваемых систем. Среди преимуществ работы с Advantech можно выделить оперативную техническую поддержку, профессиональное управление жизненным циклом продукции, включая долгосрочную доступность решений для ответственных применений, специальные предложения для вертикальных рынков, например, для энергетики или транспорта, которые являются важными отраслями российской экономики. Кроме того, необходимо отметить высокий профессионализм менеджеров по продукции Advantech, их способность предвосхищать актуальные потребности заказчиков, а также открытость для OEM-проектов и инновационный маркетинговый подход.

Не может не поражать тот значительный прогресс, который Advantech демонстрирует

на протяжении многих лет, в стремлении реализовать максимум возникающих бизнес-возможностей, выходить на новые вертикальные рынки, оперативно реагировать на растущие требования заказчиков и воплощать их в предлагаемых решениях. Advantech никогда не прекращает своего развития, даже во время мирового экономического кризиса компания придерживалась активной стратегии в плане маркетинга и продаж.

За более чем 20 лет на рынке России и СНГ бренд Advantech приобрёл широкую известность среди специалистов, предлагая конкурентоспособные решения для проектов любой сложности. Сегодня он не требует представления и признан большинством заказчиков как один из лидирующих в отрасли, ассоциируясь с надёжностью и высокой технической компетенцией. В определённой степени это является результатом усилий компании ПРОСОФТ, которая ежегодно организует до 10-15 событий с Advantech, в числе которых совместное участие в выставках, в специализированных технических семинарах «Дни решений Advantech» и «Дни решений ПРОСОФТ», в дилерских конференциях ПРОСОФТ и других мероприятиях, которые обеспечивают клиентов и партнёров информацией о новых продуктах и возможностях работы с Advantech. На протяжении многих лет Advantech выступает премиальным спонсором на ежегодных дилерских конференциях ПРОСОФТ. Инженеры и менеджеры по продажам ПРОСОФТ постоянно принимают участие в специальных тренингах и партнёрских конференциях, организуемых Advantech на Тайване, повышая свою профессиональную квалификацию, перенимая опыт зарубежных коллег. Эти совместные мероприятия также играют важную роль в формировании дружеских неформальных отношений между специалистами обеих компаний, которые положи-



Встреча дилеров и партнёров компании ПРОСОФТ. Вручение памятного подарка платиновому спонсору мероприятия — компании Advantech

тельно сказываются в дальнейшем на совместной деятельности. Для специалистов важна информационная online-поддержка, которую предоставляет внутренний партнёрский ресурс Advantech, помогая оказывать своевременную помощь заказчикам в подборе оптимальных решений для конкретных проектов. В планах также значительное расширение сотрудничества с Advantech в Интернет-сфере, в том числе по запуску online-магазина Advantech в Рунете.

Отдельного упоминания заслуживает уникальная корпоративная культура Advantech, отражающая внутренний корпоративный дух, который, без сомнения, сложился во многом благодаря основателю компании г-ну К.С. Liu. Компании Advantech и ПРОСОФТ стремятся к дальнейшему развитию партнёрских отношений, успешной реализации совместных проектов, укреплению каналов продаж, расширению направлений сотрудничества. Новая продукция Advantech поможет охватить перспективные вертикальные рынки.

Компания ПРОСОФТ поздравляет Advantech с 30-летним юбилеем, желает новых достижений и побед и выражает надежду на будущее взаимовыгодное сотрудничество в течение как минимум следующих 30 лет. ●