

УДК 681.883.22

МНОГОЛУЧЕВЫЕ ЭХОЛОТЫ

© О.С. Голод, А.И. Гончар, С.И. Донченко, Л.И. Шлычек, 2005

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

Надано огляд сучасних багапроменевих ехолотів. Наведено основні тактико-технічні характеристики багапроменевих ехолотів випуску 1993-2003 рр.

Дан обзор современных многолучевых эхолотов. Приведены основные тактико-технические характеристики многолучевых эхолотов выпуска 1993-2003 гг.

The review of modern multibeam sonars is represented. The main performance characteristics of multibeam sonars of 1993-2003 are given.

В настоящее время для съемки рельефа дна используются современные судовые гидроакустические средства: однолучевые и многолучевые эхолоты, фазовые гидролокаторы бокового обзора.

Наиболее массовым средством в силу своей универсальности и дешевизны являются однолучевые промерные эхолоты.

Менее массовым, но более эффективным средством являются многолучевые эхолоты, которые дают возможность получать информацию о глубине сразу в некоторой полосе обзора, формируя веер узких акустических лучей в поперечной плоскости судна, измерять глубину в пределах пучка узконаправленных лучей, и, следовательно, получать топографический вид морского дна, строить цифровую модель рельефа дна или же его псевдообъемное изображение [1]. Кроме того, многолучевые системы могут использоваться для классификации донных осадков.

Анализ зарубежных технических средств съемки рельефа дна показывает, что ведущие фирмы мира в области создания гидроакустических средств обследования дна почти ежегодно предлагают новые образцы аппаратуры с улучшенными эксплуатационными характеристиками на основе использования последних достижений микроэлектроники и компьютерной техники, разрабатывают пакеты программного обеспечения обработки и сервисного представления информации.

Концепцией развития эхолотов в настоящее время является наиболее полное удовлетворение требований потребителя в части универсальности эхолота (т.е. возможности работы на любых глубинах), компактности и возможности установки на самых различных судах, комплексности исследований, возможности ввода в эхолот необходимой информации от внешних датчиков, выдачи унифицированной информации об измеренных глубинах и параметрах съемки во внешние системы накопления и обработки данных, помехозащищенности, удобства эксплуатации, простоты обслуживания и ремонта, высокой надежности и низкой стоимости.

Учитывая все эти аспекты, создано множество моделей и их модификаций с различными эксплуатационными характеристиками.

Основные технические характеристики наиболее типичных многолучевых эхолотов приведены в табл. 1 [2-34].

В основном такие системы имеют модульную конструкцию, что позволяет комплектовать аппаратуру в соответствии с назначением. Основными составляющими аппаратуры являются три модуля: гидроакустический преобразователь, блок обработки данных и операторский терминал. Модульная система позволяет уменьшить массу и объем используемой аппаратуры, а также исключает потребность возврата на базу для проведения ремонтных работ или выполнения задач обработки данных. Большинство эхолотов выпускаются с широким выбором гидроакустических преобразователей, рассчитанных на разные рабочие частоты и с различными характеристиками направленности. Диапазон рабочих частот эхолотов велик – от 10 до 455 кГц. Каждая модель имеет свои особенности.

Эхолоты германской фирмы ATLAS ELEKTRONIK GmbH обычно монтируются к корпусу судна. Эхолоты ATLAS DESO 11 и ATLAS DESO 14 разработаны для измерения глубин в диапазоне 0,2 – 650 м и применяются при гидрографическом обследовании дна, сопровождении дноуглубительных работ, изучении донных осадков, исследовании водной среды, поиске объектов (только ATLAS DESO 14).

Благодаря двум различным частотам (высокой 210 кГц и низкой 33 кГц), а также запасу мощности, они способны регистрировать стратификацию осадочных пород. Модели имеют пять уровней ручной настройки длительности импульса. Корректировка профилей скорости звука осуществляется в диапазоне от 1400 м/с до 1500 м/с с интервалом 1 м/с. Недостатком этих моделей является использование лишь одного канала для приема данных [4, 5].

Этот недостаток устранен в модели ATLAS DESO 15, где используется два канала при записи на термобумагу [6]. При этом результаты зондирования дна и глубина в метрах выводятся в цифровой форме одновременно на термобумагу и монитор ЭВМ.

Регистрация и индикация измеряемых глубин в эхолотах осуществляется с помощью самописца.

Передача данных на ЭВМ осуществляется через последовательный интерфейс RS-232C или RS-422.

Особенностью промерного эхолота E-Sea Sound MP 35 датской фирмы MARIMATECH является произвольный выбор частоты зондирования в диапазоне от 12 до 250 кГц с интервалом 1 кГц. Получаемая информация отображается в режиме реального времени и сохраняется на встроенном ZIP-приводе. При этом данные о глубинах могут выводиться или на вмонтированный 8-дюймовый термический принтер, или на внешний цветной принтер [7].

Норвежской фирмой Kongsberg Simrad AS выпускается серия многолучевых эхолотов EM. Гидроакустические преобразователи этих эхолотов устанавливаются на судах различных классов с помощью забортных устройств, на подводных аппаратах - дистанционно-управляемых или автономных. В 1995 году фирмой был разработан эхолот EM 3000 [8], предназначенный для составления карт мелководья и контроля акваторий с высокой точностью и высоким разрешением. Стоимость такого эхолота – приблизительно 300 тыс. долл. США без датчика позиционирования. Он работает при глубинах от 1 до 150 м под гидроакустическим преобразователем в условиях типичной морской воды. Малые габариты и масса делают систему переносной и легко устанавливаемой на автономных подводных аппаратах при спуске на глубину до 1500 м. Система EM 3000 имеет очень высокую частоту посылок до 40 Гц, ширину луча 1,5°x1,5° и электронную стабилизацию

лучей на килевой качке судна. 100 %-й обзор дна в плоскости, перпендикулярной курсу судна, достигается на мелководье при скорости судна 10 узлов в полосе шириной до четырех глубин под преобразователем.

Эхолот EM 3000 Dual комплектуется двумя гидроакустическими преобразователями. Это наращивание при работе на мелководье обеспечивает полосу обзора шириной, равной 10-кратной глубине [9].

Эти системы являются, бесспорно, одними из лучших в своем классе и выпускаются в больших количествах. Технические характеристики эхолота EM 3000 полностью соответствуют требованиям МГО - Ордер 1 и, более того, до глубин 20 м соответствуют самым жестким требованиям «Специальный ордер», причем, как по точности измерения глубин, так и по разрешающей способности. Понятие «масштаб съемки», как это ни парадоксально, полностью потеряло смысл и теперь можно говорить только о масштабе отчетного планшета. Но самое главное – это возможность 100 %-го покрытия акватории, т.е. истинно площадная съемка. Именно такая система как нельзя больше подходит для решения задач, стоящих перед Морскими администрациями портов.

Многолучевой эхолот EM 3000 успешно используется ведущими мировыми гидрографическими организациями, такими как Канадская (с 1995) и Норвежская (с 1999) гидрографические службы. Эти гидрографические службы имеют наибольший опыт использования многолучевых эхолотов для производства гидрографических съемок, Норвежская - с 1986 и Канадская - с 1988 гг.

Реальные характеристики многолучевого эхолота EM 3000 по точности определения глубины отвечают требованиям стандарта S44 (edition 4) МГО – Международной Гидрографической Организации для Special Order surveys (гидрографическая съемка в критических зонах с минимальным подкильным пространством, где характеристики грунта потенциально опасны для судовождения, с глубинами менее 40 м), и Order 1 surveys (гидрографическая съемка в гаванях, на подходах к портам, рекомендованных курсах (РК), внутренних навигационных каналах, прибрежных зонах с высокой плотностью судоходства, с глубинами менее 100 м), по возможности обнаружения объектов на дне с малыми габаритными размерами отвечает требованиям для Order 1 surveys и, по крайней мере, до 20 м глубины для Special Order surveys (глубины менее 40 м).

Многолучевые системы класса EM 3000 имеют возможность точной классификации донных осадков. Именно амплитуда эхо-сигнала и батиметрические данные, получаемые эхолотом, определяют его способность классифицировать донные отложения.

Программное обеспечение таких систем функционирует на платформах Windows или Unix. Полученные данные записываются на накопители типа оптического диска или магнитной ленты. Причем каждая модель многолучевого эхолота обычно хранит данные в буквенных сообщениях собственного формата. Для считывания полученной информации необходимо правильно извлечь нужную информацию непосредственно из этого буквенного сообщения.

EM 3000 имеет собственный уникальный формат буквенного сообщения. Используя программу UNIX C и ключ формата сообщения от Simrad, можно расшифровывать или преобразовать к открытому тексту полученные данные эхолота [9].

Пионером в области нестандартного использования мелководных систем является дноуглубительная фирма Боскалис, Голландия. Эта фирма использует системы EM 3000,

установленные непосредственно на земснарядах, для обеспечения и контроля качества работ в реальном времени. Более того, они даже предварительные и сдаточные промеры выполняют с использованием земснарядов. Это подтверждает тот факт, что эхолот EM 3000 работает даже в условиях повышенной мутности воды, возникающей в процессе дноуглубления [8-12].

В 2000 году были разработаны многолучевые эхолоты EM 2000-120 и EM 2000-150, отличающиеся от предыдущих частотой зондирования (200 кГц вместо 300 кГц), шириной луча ($1,5^\circ \times 4^\circ$ вместо $1,5^\circ \times 1,5^\circ$) и частотой посылки (10 Гц вместо 40 Гц), обладающие большим диапазоном измеряемых глубин 2 – 250 м и большей наклонной дальностью [13, 14].

Новая серия многолучевых эхолотов EM 3002, EM 3002 Dual выпущена в 2003 году. Эхолот EM 3002 - это многолучевой (254 луча) эхолот с динамической фокусировкой лучей. В модели EM 3002 Dual, имеющей 2 головки (акустические системы), увеличилось число лучей в посылке до 508, и уменьшился минимальный распознаваемый объём до $0,01 \text{ м}^3$. Совмещенное акустическое отображение морского дна в режиме бокового обзора включает стандартный метод ближнего поля для увеличения разрешения на очень малых площадках. Сочетание амплитудного и фазового метода детектирования повышает точность измерений до 0,01 м [15].

Датская фирма RESON Inc. [16-26] выпускает многолучевые эхолоты серии SeaBat, которые обеспечивают высокую 100-процентную плотность покрытия морского дна и предназначены для измерения глубин на мелководье и в глубоководных районах, отображения и картирования дна с высоким разрешением, обеспечения безопасности маршрутов морских перевозок благодаря точным промерам глубины, мониторинга и документирования дноуглубительных работ, обследования дна акваторий в интересах строительства инженерных сооружений, прокладки кабелей, нефтепроводов, обеспечения поиска и разведки минеральных ресурсов морей и океанов, мониторинга и документирования изменений морского дна, локализации и классификации новых навигационных препятствий (захоронений и валунов), изучения строения и тектоники морского дна.

Эти эхолоты также предназначены для установки на небольших дистанционно управляемых или автономных подводных аппаратах, подводных лодках или судах с креплением акустических систем к борту судна.

Максимальным диапазоном рабочих глубин до 2500 м обладает модель SeaBat 8160 с частотой 50 кГц и сектором обзора дна 150° . Форма ее акустического преобразователя приведена на рис. 1.

Приемоизлучатель SeaBat 8160 содержит линейные антенну-приемник и антенну-передатчик, установленные вместе, на основании рамы. Т-образная форма антенны является основой для компактного преобразователя, который легко устанавливается на переносном устройстве или на корпусе корабля (рис. 1). Особенностью системы является устойчивость передатчика к килевой качке в диапазоне $\pm 10^\circ$ и эффективно скомпенсированный приёмник. Процессор модели 8160 совместим с другими устройствами преобразователей SeaBat.

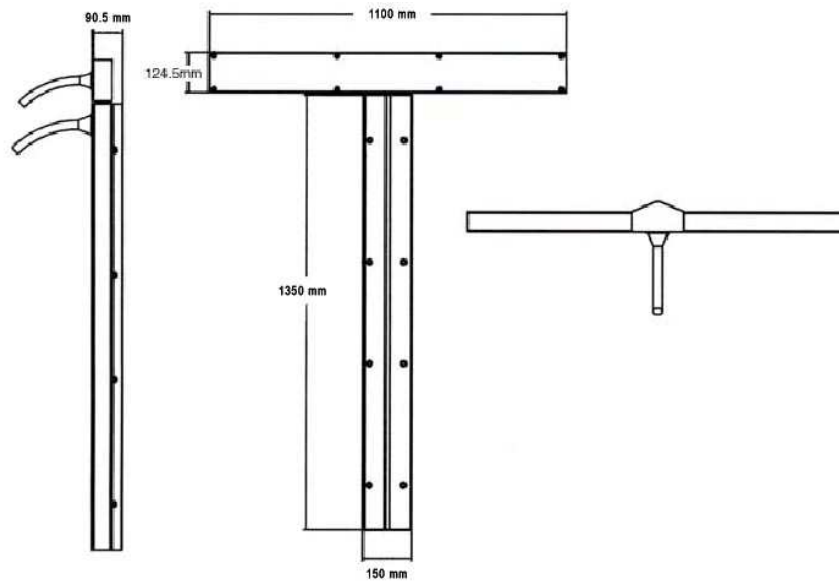


Рис. 1. Акустический преобразователь многолучевого эхолота SeaBat 8160

Большинство моделей SeaBat (8101, 8102, 8111, 8124, 8125, 9001, 9003) имеют возможность работать в режиме бокового обзора, а также используют сочетание амплитудного и фазового метода выделения дна. Модели 8101, 8102, 8111 имеют одинаковое количество излучаемых лучей в посылке – 101 и сектор обзора дна - 150°.

Особый интерес представляют модели SeaBat 8124 и 8125, работающие с высокой разрешающей способностью по глубине – 10 и 6 мм соответственно. Модель SeaBat 8125 формирует максимальное по сравнению с другими моделями этой серии число лучей – 240, и имеет минимальную ширину луча 1,0° × 0,5°.

Базовая система SeaBat 9001 включает в состав многолучевую гидроакустическую антенну небольшой массы (масса в воздухе 18 кг), цветной монитор с высоким разрешением и трэк-бол (координатный шар), чтобы управлять параметрами многолучевой настройки. Все параметры настройки работы многолучевого эхолота устанавливаются из меню на мониторе (никаких кнопок и диалогов не используется). Все 60 лучей сгенерированы одновременно в реальном масштабе времени (рис. 2). 90°-й акустический веер (конус) отображается в реальном масштабе времени на экране цветного монитора с высоким разрешением. "Цифровое морское дно", которое представлено 60-ю точками, накладывается на эхограмму в реальном масштабе времени. Это дает уникальные возможности практически мгновенного контроля качества съемки.

Поскольку все лучи сгенерированы в соответствии с диаграммой направленности антенной решетки (массива преобразователей), используемой для непосредственного формирования лучей, система очень нечувствительна к фоновым шумам, и время прихода (местоположение) луча всегда фиксировано относительно гидроакустической антенны, независимо от изменений скорости звука. Очередная порция значений сигналов, так как их обновление происходит в пределах посылки одного зондирующего импульса, представляет собой неискаженные профили, характеризующие наиболее сложные участки рельефа морского дна в процессе перемещений судна-носителя (рис. 2).

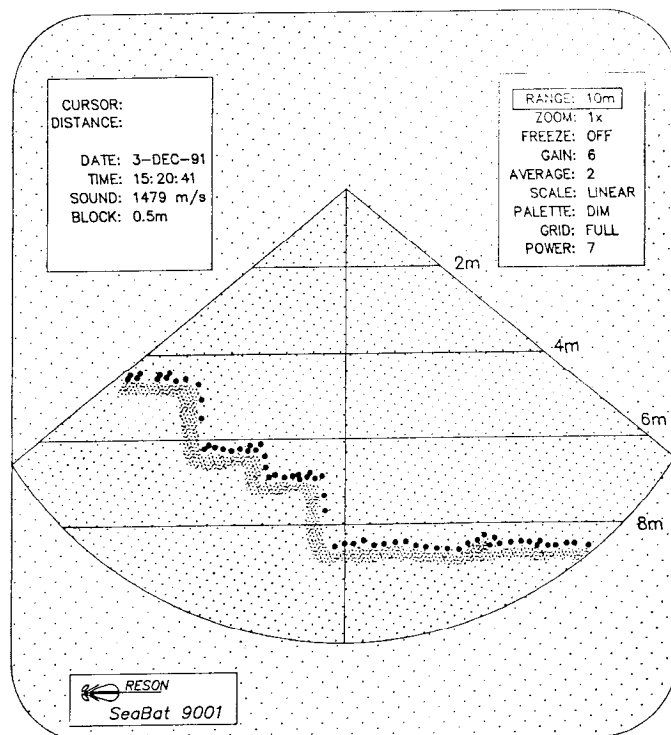


Рис. 2. Поперечные профили следов цифрового наложения контура лучей

Плотность данных в поперечных профилях главным образом зависит от глубины под антенной и в меньшей степени от позиции луча в поперечном профиле, так как ширина луча постоянна: $1,5^\circ$ в 90° -м поле обзора (см. рис. 3).

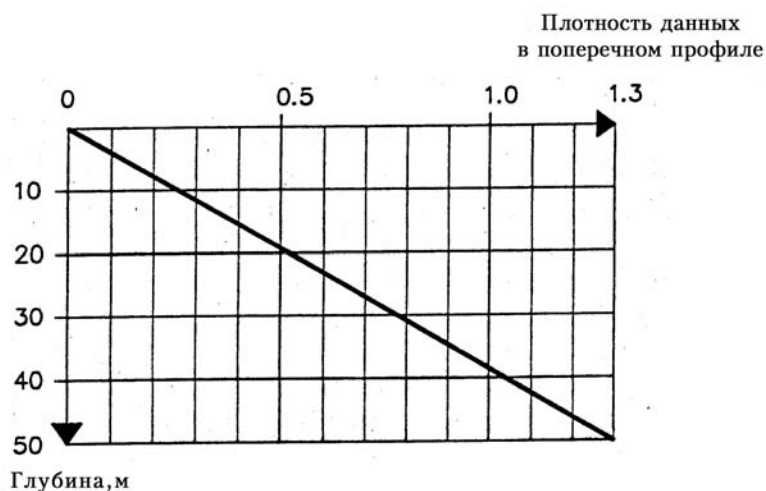


Рис. 3. Зависимость плотности данных от глубины под антенной

Плотность данных по курсу движения зависит только от скорости судна-носителя и частоты повторения импульсов (рис. 4).

Общий 90° -й веер лучей антенны многолучевого эхолота обеспечивает полосу обзора, ширина которой вдвое больше фактической глубины под антенной (рис. 5). Поворот антенны может обеспечить значительное расширение полосы обзора.

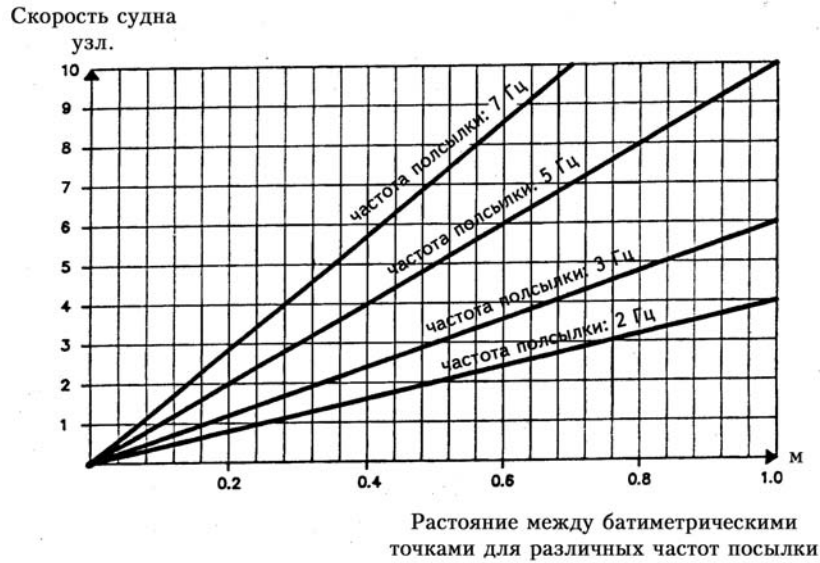


Рис. 4. Зависимость плотности данных по курсу движения от скорости судна для различных частот посылки

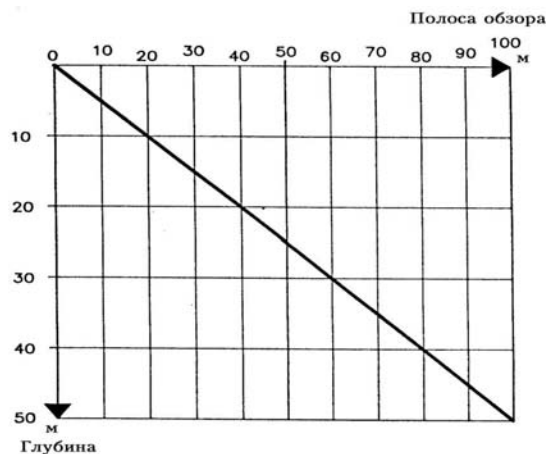


Рис. 5. Зависимость полосы обзора эхолота от глубины под антенной

Производительность обзора ($\text{км}^2/\text{час}$) зависит от глубины под антенной и скорости судна-носителя (рис. 6, 7). Например, если скорость судна при обзоре 6 узлов и глубина под антенной 20 м, то обеспечивается производительность съемки дна приблизительно $0,43 \text{ км}^2/\text{час}$.

Многолучевая система SeaBat 9001 сортирует все эхо-сигналы в пятисантиметровую "сетку". В статическом режиме достигается точность приблизительно 5 см на центральных лучах и приблизительно 8 см – на внешних лучах в диапазоне $\pm 45^\circ$ от центральной вертикальной (осевой) линии. В динамике, в процессе движения судна-носителя, точность тесно связана с подъемом/опусканием судна на волнах, компенсацией бортовой и килевой качки, точностью определения местоположения судна и точностью гироскопа.

В полосе обзора большей, чем удвоенная глубина, из-за возросших углов отражения возникает ослабление эхо-сигналов. Это препятствует достижению высокой точности промера глубины (рис. 8) и "разбавляет" плотность точек батиметрических данных.

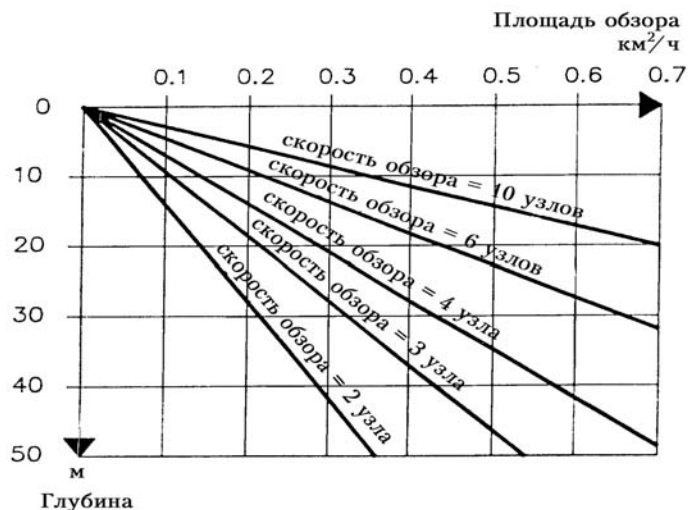


Рис. 6. Зависимость площади обзора от глубины при дальности две глубины

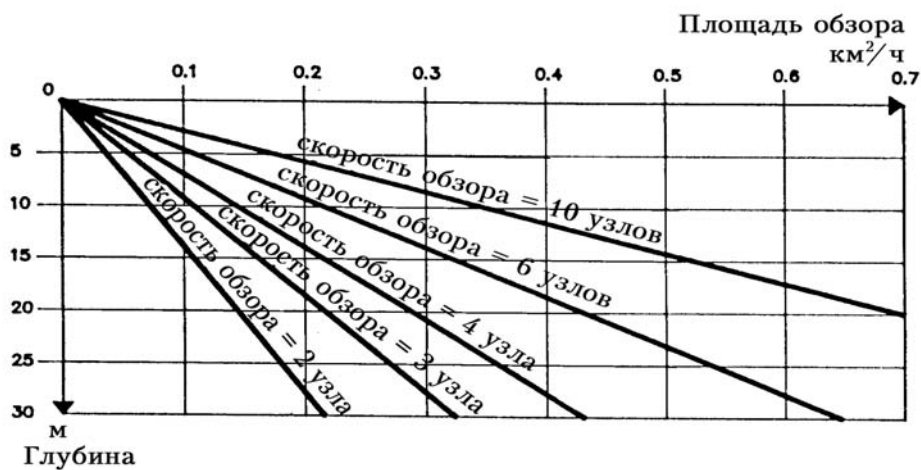


Рис. 7. Зависимость площади обзора от глубины при полосе обзора, равной двум глубинам

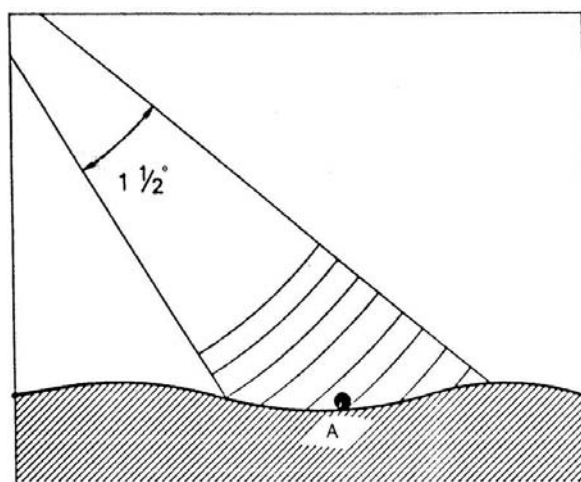


Рис. 8. Ослабление величины эхо-сигнала (A – точка, соответствующая интенсивности эхо-сигнала выше порогового значения)

Комбинацией из двух антенн SeaBat 9001 может быть получен акустический веер в 180° и ширина полосы обзора до 8 – 12 глубин. Это особенно интересно для промеров каналов, где полный поперечный профиль канала может быть получен немедленно - от берега до берега.

Многолучевая система SeaBat 9001 может быть смонтирована в различных конфигурациях, с одной или двумя антеннами для увеличения площади обзора (рис. 9 – 12).

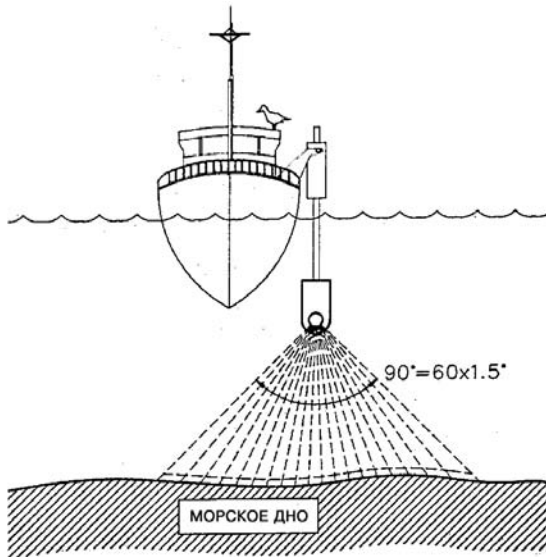


Рис. 9. Одна антенна сбоку судна

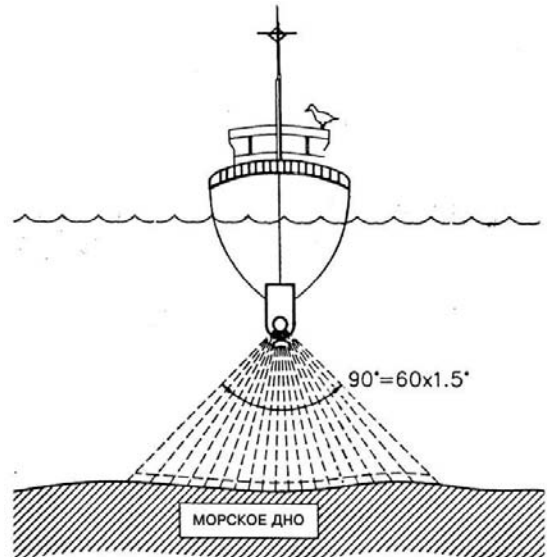


Рис. 10. Одна антенна на носу судна

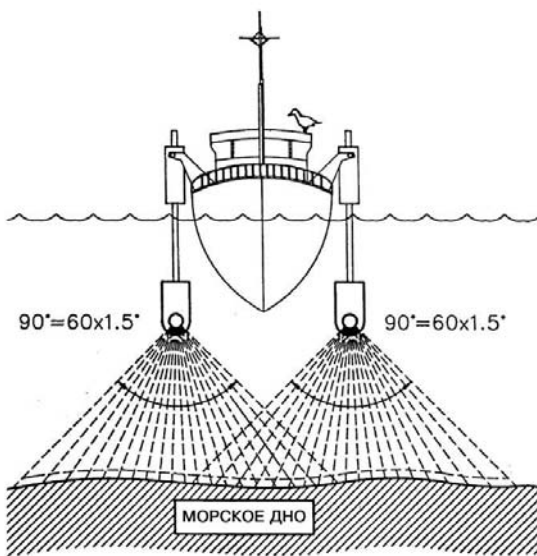


Рис. 11. Две антенны сбоку судна

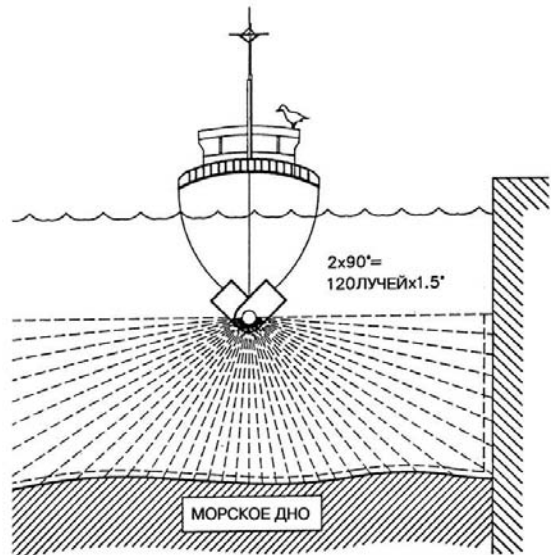


Рис. 12. Две пересекающиеся антенны

Многолучевая система SeaBat может быть легко интегрирована с датчиками вертикальной, бортовой и килевой качки и курса судна, также как с системой позиционирования (определения места), использующей стандартные программно/аппаратные средства. Пример полного программно-аппаратного комплекса показан на рис. 13.

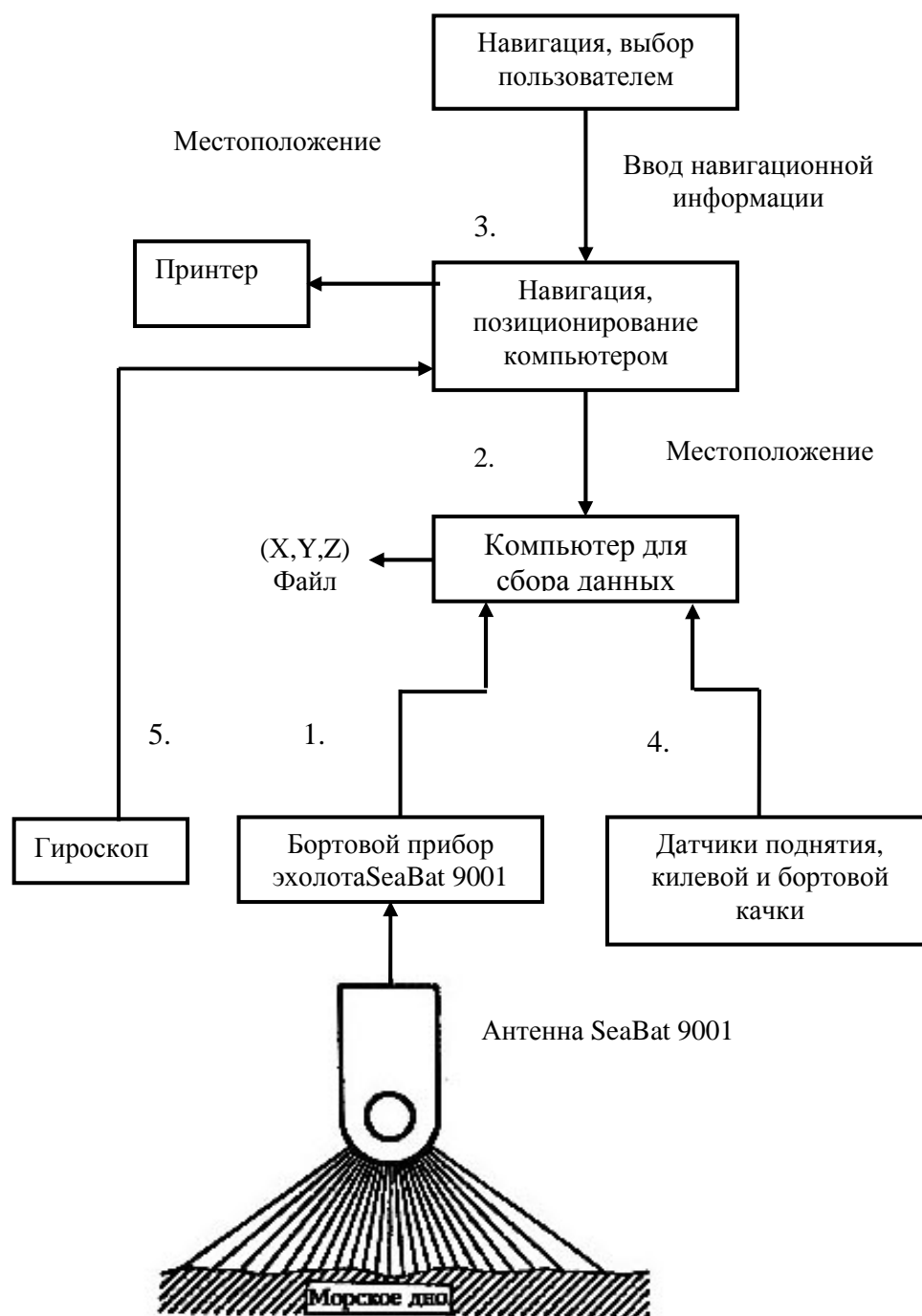


Рис. 13. Функциональная схема базовой многолучевой системы SeaBat 9001

Таким образом, многолучевая система SeaBat 9001 способна произвести корректировку карты с производительностью до $0,7 \text{ км}^2/\text{час}$ при глубине 20 м под антеннами и с плотностью записи данных батиметрии более чем 3 отсчета на квадратный метр.

Таблица 1. Основные тактико-технические характеристики многолучевых эхолотов

Фирма-производитель	ATLAS ELEKTRONIK GmbH			Odom Hydrographic systems, Inc
Страна	Германия			США
Модель	ATLAS DESO 11	ATLAS DESO 14	ATLAS DESO 15	ECHOSCAN
Год выпуска	1993	1994	1994	1996
Тип системы				формирование лучей
Варианты установки и размещения антенн	в корпусе судна, на забортных устройствах, на дистанционно управляемых (ДУА)/автономных подводных аппаратах (АПА)			
Способ выделения дна				амплитудное детектирование
Рабочая частота, кГц	33/210	33/210	33/210	200
Диапазон измеряемых глубин под антенной, м	0,2-650	0,5-650	0,2-650	2-100
Разрешение по глубине, м	0,01	0,01	0,01	0,025
Количество лучей				30
Ширина луча, град			2,5x3	2,5x3
Максимальная полоса обзора (наклонная дальность), м			150	150
Максимальный сектор обзора, град				
Максимальная частота посылок, Гц	до 17	до 17	15	15
Режим бокового обзора	нет	нет	нет	есть
Равномерное распределение выборок по горизонтальной дальности				нет
Количество выборок в реализации				
Корректировка скорости звука	в диапазоне 1400-1600м/с через 1 м/с			есть
Доступ к батиметрическим данным во время их сбора	есть	есть	есть	есть
Метод доступа к данным	последовательный интерфейс RS 232C			последователь- ный интерфейс
Габариты антенны, мм	280x330x110	245x340x215	485x312x335	
Масса антенны, кг	6,3	7	18	40,8
Потребляемая мощность, Вт	300,600,1000		1000	75
Скорость носителя, узл.				10
Дифферент/крен, град				0,25

Продолжение таблицы 1

Фирма-производитель	ATLAS Hydrographic GmbH					
Страна						
Модель	ATLAS FANSWEEP 15	ATLAS FANSWEEP 20/200	ATLAS FANSWEEP 20/100	ATLAS HYDRO- SWEEP MD-2/50	ATLAS HYDRO- SWEEP MD-2/30	ATLAS HYDRO- SWEEP DS-2
Год выпуска	1998	1998	1998	2000	2000	2000
Тип системы	Комбинация амплитудных и фазовых измерений			Формирование пучка лучей с высокоточным определением углов		
Варианты установки и размещения антенн						
Способ выделения дна	Сочетание амплитудного и фазового детектирования					
Рабочая частота, кГц	200	200	100	50	30	15,5
Диапазон измеряемых глубин под антенной, м	0,5-250	0,5-300	1-600	5-1500	10-6000	10-10000
Разрешение по глубине, м	0,01	0,01	0,01	0,1	0,1	0,1
Количество лучей	до 600	до 1440	до 1440	до 10	До 10	240
Ширина луча, град	1,3х (в зависимости от количества лучей и полосы обследования)			1,7х1,0		2,3х2,3
Максимальная полоса обзора (наклонная дальность), м	до 4 глубин	до 12 глубин		до 8 глубин		до 4 глубин
Максимальный сектор обзора, град	Батиметрия 120,5 Бок. обзор 143	Батиметрия 161 Бок. обзор 180		Батиметрия 161 Бок. обзор 180		152
Максимальная частота посылки, Гц	до 16			до 10		до 12
Режим бокового обзора	есть, параллельно					
Равномерное распределение выборок по горизонтальной дальности	есть, по выбору					
Количество выборок в реализации	до 4096			до 2048		
Корректировка скорости звука	есть					
Доступ к батиметрическим данным во время их сбора	есть					
Метод доступа к данным	Телефонная линия или спутник					
Габариты антенны, мм	Ø322x80	Ø322 x78	560x480x75			
Масса антенны, кг	20 (включая кабель)	20 (включая кабель)	42 (включая кабель)	8/10 (без кабеля)	20/15(без кабеля)	95 (без кабеля)
Потребляемая мощность, Вт						
Скорость носителя, узл.	до 16					
Дифферент/крен, град	0,1	0,05				

Продолжение таблицы 1

Фирма-производитель	GeoAcustics Ltd	MARIMTECH AS		SEA (Advanced Products) Ltd	
Страна	Великобритания	Дания			
Модель	GeoSwath 125/250кГц	E-Sea Swathe 501	E-Sea Swathe 6001	Submetrix 2000 234 kHz	Submetrix 2000 117 kHz
Год выпуска	1999	1999	2003	1999	1999
Тип системы	фазовые измерения	многолучевой	комбинация многолуч. и интерференц.	батиметрический гидролокатор (интерферометр)	
Варианты установки и размещения антенн		в корпусе судна, на забортных устройствах		в корпусе судна, на забортных устройствах, на ДУА/АПА	
Способ выделения дна			сочетание амплитудного и фазового	выборки фаз по времени	
Рабочая частота, кГц	125/250	200	145-165	234	117
Диапазон измеряемых глубин под антенной, м	200/100	1-100	0,5-150	100	200
Разрешение по глубине, м	0,006/0,003	0,05		0,05	0,075
Ширина луча, град		9	7 вдоль пути, от 7 до 0,2 поперек пути	1,1 вдоль пути	1,7 вдоль пути
Максимальная полоса обзора (наклонная дальность), м		170	220	300 (150)	600(300)
Максимальный сектор обзора		-	-		
Максимальная частота посылок, Гц	20	10	30	15	15
Режим бокового обзора		Нет	Есть	Есть	
Равномерное распределение выборок по горизонт. дальности		Есть	Вдоль пути	дискрет по времени	
Количество выборок в реализации для режима бокового обзора		-	4500/1500/400 для глубин 150/50/10м	от 512 до 8192 по выбору	
Корректировка скорости звука		нет	есть	есть	
Доступ к батиметрическим данным во время их сбора		есть			
Метод доступа к данным	Линия DTM	Через аналоговое устройство и встроенный 3D дисплей	Через внешний ПК		
Габариты антенны, мм	380x250x300	Ø180x130	Ø183x90 (140 с кабелем)	длина 160	длина 235
Масса антенны, кг	3,8	5	15	6	13
Питание, В, потребляемая мощность, Вт		-	25	<1000Вт	
Скорость носителя, узл.		5	12	6	
Дифферент/крен, град		-	-	0,02	

Продолжение таблицы 1

Фирма-производитель	Kongsberg Simrad AS			
Страна				
Модель	EM 3000 Dual / EM 3000	EM1002S / EM 1002	EM 2000-120/ EM 2000-150	EM 3002/ EM 3002 Dual
Год выпуска	Конец 1995	1999	2000	2003
Тип системы	Многолучевая система			
Варианты установки и размещения антенн	в корпусе судна, на забортных устройствах, на дистанционно управляемых и автономных подводных аппаратах			
Способ выделения дна	Сочетание амплитудного и фазового детектирования			
Рабочая частота, кГц	300	93-98	200	300
Диапазон измеряемых глубин под антенной, м	1-150	2-600/1000	2-250	1-150
Разрешение по глубине, м	0,01			
Количество лучей	250	111	111	255/510
Ширина луча, град	1,5x1,5	2x2	1,5x2/1,5x4	1,5x1,5
Максимальная наклонная дальность, м	250	900/1300	280	170
Максимальный сектор обзора	3,5Н/250 / 250	7,4 Н/900/ 7,4Н/1250	320	4Н/250/ 7,5Н/250
Максимальная частота посылок, Гц	40	10	10	40
Режим гидролокатора бокового обзора	есть			
Равномерное распределение выборок по горизонтальной дальности			есть	
Количество выборок в реализации для режима бокового обзора	3000	до 10000	6000	3000
Корректировка скорости звука в режиме реального времени	есть			
Доступ к батиметрическим данным во время их сбора	есть			
Метод доступа к данным				
Габариты антенны, мм	332x120	0,887x0,746		
Масса антенны, кг	25	130(воздух)/ 90(вода)	12, 13	25
Питание, В, потребляемая мощность, Вт	24В,1А; 240В, 1А		24В,1,5А	24В 1А
Скорость носителя, узл.	15			
Дифферент/крен, град	0,03			

Окончание таблицы 1

Фирма-производитель	RESON Inc.						
Страна							
Модель	Sea Bat 8101	Sea Bat 8111	Sea Bat 8125/8124	Sea Bat 8128/6012	Sea Bat 8150	Sea Bat 8160	Sea Bat 9001/9003
Год выпуска							
Тип системы	Многолучевой эхолот			многолуч. вперед-смотрящий гидролокатор	Многолучевой эхолот		
Варианты установки и размещения антенн	в корпусе судна, на забортных устройствах, на дистанционно управляемых (ДУА) /автономных подводных (АПА) аппаратах						
Способ выделения дна	Сочетание амплитудного и фазового детектирования			-	Сочетание амплитудного и фазового детектирования		Амплитудное детектирование
Рабочая частота, кГц	240	100	455/200	455	12 и/или 24	50	455
Диапазон измеряемых глубин под антенной, м	1-400	3-1000	0,5-125/1-300	125	10-11000	10-2500	0,5-125
Разрешение по глубине, м	0,0125	0,037	0,006/0,01	0,025/0,05	0,076-0,45	0,014/0,029/0,086	0,05
Количество лучей	101		240/80	234/240	234	128	60/40
Ширина луча, град	1,5x1,5		1,0x0,5 / 1,5x1,5	0,5x18 / 1,5x15	1x1; 1x2; 2x2; 4x4	1,5x1,5	1,5x1,5/ 1,5x3
Максимальная наклонная дальность, м	400	1000	125/300		15000	3000	125
Максимальный сектор обзора	150		120	120/90	150	130	90/120
Максимальная частота посылок, Гц	40	30	40	40/15	10	15	
Режим гидролокатора бокового обзора	есть			-	есть		
Равномерное распределение выборок по горизонтальной дальности	в зависимости от шкалы дальности			-	в зависимости от шкалы дальности		
Количество выборок в реализации для режима бокового обзора	до 4096			до 2048			
Корректировка скорости звука в режиме реального времени	есть						
Доступ к батиметрическим данным во время их сбора	есть						
Метод доступа к данным	Телефонная линия или спутник						Линия DTM
Габариты антенны, мм	Ø322x80	Ø322 x78	560x480x75				380x250x300
Масса антенны, кг	20 (включая кабель)		42 (включая кабель)	8/10(без кабеля)	20/15 (без кабеля)	95 (без кабеля)	3,8
Скорость носителя, уз.	до 16						

Литература

1. Чуркин О.Ф., Старожицкий В.В. Современное состояние технических средств съемки рельефа и грунта дна, пути их развития до 2010г. // Труды международной конференции «Современное состояние, проблемы навигации и океанографии» (НО-2001). – Том 2. – СПб. – 2001. - с. 95-98
2. Multibeam echo sounders shallow water // Hydro International. – 2003. - July/August. - p. 38–41.
3. Multibeam echo sounders deep water // Hydro International. – 2003. – September. - p. 42–45.
4. ATLAS DESO 11 – Versatile Echosounder Module. Проспект фирмы Atlas Elektronik GmbH.
5. ATLAS DESO 14 – Portable Survey Echosounder. Проспект фирмы Atlas Elektronik GmbH
6. ATLAS DESO 15 – Standart Dual Channel Survey Echosounder. Проспект фирмы Atlas Elektronik GmbH.
7. Echo Sounder E-Sea Sound MP 35 // Hydro International. – 2003. – Oktober. - p. 38–41
8. EM 3000. Multibeam echo sounder. – Product description
9. Michel B. Brissette, The Application of Multibeam Sonars in Route Survey. – The university of new Brunswick, 1997
10. Mayer, L.A. Historical Overview and Modern Requirements, In 1996 Coastal Multibeam Training Course Notes, Ocean Mapping Group, Department of Geodesy and Geomatics Engineering, University of New Brunswick, Fredericton, NB, 30 pp. 1996
11. Информация из сети интернет: www.Kongsberg Maritime EM 1002.htm
12. Информация из сети интернет: www.Kongsberg Maritime EM 1002 S.htm
13. Информация из сети интернет: www.Kongsberg Maritime EM 2000-120.htm
14. Информация из сети интернет: www.Kongsberg Maritime EM 2000-150.htm
15. Информация из сети интернет: www.Kongsberg Maritime EM 3002.htm
16. SeaBat 9001. Проспект фирмы SeaBat
17. SeaBat 9001. Cost Effective Multi-beam Echo Sounder Systems for Shallow Water: 0 to 70 Meters.
18. SeaBat 8101. Проспект фирмы SeaBat.
19. SeaBat 8102. Проспект фирмы SeaBat
20. SeaBat 8111. Проспект фирмы SeaBat.
21. SeaBat 8124. Проспект фирмы SeaBat
22. SeaBat 8125. Проспект фирмы SeaBat
23. SeaBat 8128. Проспект фирмы SeaBat
24. SeaBat 6012. Проспект фирмы SeaBat
25. SeaBat 8150. Проспект фирмы SeaBat.
26. SeaBat 8160. Проспект фирмы SeaBat
27. Информация из сети интернет: www.6042 version 7..htm
28. Информация из сети интернет: www.Survey Systems – Seabeam 1050.htm
29. Информация из сети интернет: www.Survey Systems – Seabeam 1055.htm
30. Информация из сети интернет: www.Survey Systems – Seabeam 1055D.htm
31. Информация из сети интернет: www.Survey Systems – Seabeam 1180.htm
32. Информация из сети интернет: www.Survey Systems – Seabeam 1185.htm
33. Информация из сети интернет: www.Survey Systems – Seabeam 2120.htm
34. Информация из сети интернет: www.Survey Systems – Seabeam 3012.htm