



# Результаты морских промысловых испытаний рыбопоисковой станции «Лещ-М»

П.П. Заярный, главный конструктор станции «Лещ-М» Б.А. Зыбин – ОКБ Таганрогского завода «Прибой»  
Д-р техн. наук В.И. Кудрявцев – ВНИРО

В настоящее время большое значение имеет обеспечение возможно менее затратного лова рыбы в прибрежных шельфовых районах, а также в крупных внутренних водоемах (Азовское и Каспийское моря и др.). Эти районы, как правило, мелководны, что нередко существенно ограничивает возможности использования в них гидроакустических рыбопоисковых станций горизонтального обзора из-за высокого уровня помех в их работе. Разработанные ранее рыбопоисковые станции предназначены большей частью для океанического лова рыбы и практически не могут применяться в таких районах.

Известные малогабаритные рыбопоисковые станции горизонтального лоцирования используются при промысле рыбы в мелководных районах с существенными ограничениями по дальности обнаружения скоплений и разрешающей способности из-за высокого уровня реверберационных помех (Кудрявцев В.И. *Промысловая гидроакустика и рыболокация*. М.: Пищ. пром., 1978, с. 60), так как в излучении у них применяются тональные сигналы.

Если в глубоком море гигающая реверберация имеет ряд резких выбросов, обусловленных отражениями звука от морской поверхности и ото дна, то в мелком море эти всплески носят постоянный характер. При этом оказывается, что реверберация практически закрывает весь диапазон обзора. При одном и том же уровне излучаемой мощности уровень реверберации резко возрастает в случае увеличения длительности излучаемого тонального сигнала.

Реверберация в мелком море имеет заметную когерентность в вертикальной плоскости, в результате сужение характеристики направленности антенны по вертикали дает лишь незначительное усиление эхо-сигнала по отношению к реверберационной помехе (Урик Р.Д. *Основы гидроакустики*. Л.: Судостроение, 1978, с. 294). Практические наблюдения показали, что реверберация, возникающая при излучении тонального импульса, отличается по частоте от его несущей и имеет более широкий спектр. Это расширение спектра обусловлено как конечной длительностью излучаемого сигнала, так и эффектом Доплера от перемещения носителя и движения рассеивателей, создающих реверберацию.

Был сделан вывод, что использование сложных широкополосных сигналов, инвариантных к эффекту Доплера, позволит снизить уровень реверберационных помех. Такие типы сигналов описаны в трудах А.М. Тюрина и других авторов (Тюрин А.М., Сташкевич А.П., Таранов Э.С. *Основы гидроакустики*. Л.: Судостроение, 1966, с. 92; Зарайский В.А., Тюрин А.М. *Теория гидролокации*. Л.: Военно-Морская академия, 1975, с. 189), но не использовались в рыбопоисковой аппаратуре в связи с техническими трудностями при их излучении и обработке.

Разработанная на заводе «Прибой» специально для гидролокатора «Лещ-М» широкополосная антенна с центральной частотой 50 кГц и полосой пропускания 10 кГц, а также применение современной вычислительной техники позволили решить эту сложную техническую задачу.

Принципиально работа станции не отличается от работы традиционного гидролокатора, ее особенность заключается только в излучении, приеме и обработке сложного сигнала длительностью 18 мс с девиацией частоты 10 кГц.

Для этого был выбран сигнал  $us$ , инвариантный к эффекту Доплера, с гиперболической частотной модуляцией – ИГЧМ (*Справочник по гидроакустике*. Л.: Судостроение, 1982, с. 90):

$$us = A \cdot \cos \left[ 2\pi \cdot f_n \cdot \ln(1 - kt) / k \right],$$

где  $A$  – амплитуда сигнала;  $f_n$  – нижняя частота;  $k$  – индекс модуляции.

Так как «Лещ-М» является однолучевым гидролокатором с механическим сканированием антенной системы, то для принимаемой информации были использованы следующие алгоритмы:

предварительное усиление с возможностью ручной регулировки усиления;

аналогово-цифровое преобразование 16-разрядным АЦП;

дискретное преобразование Фурье на основе алгоритма БПФ, что позволило значительно снизить требования к производительности используемых вычислительных средств;

умножение на функцию, комплексно сопряженную со спектром излученного сигнала;

обратное преобразование Фурье и вычисление взаимной корреляционной функции.

Полученный результат обработки выводится на индикатор с цветным отображением. Такая обработка информации позволила значительно снизить уровень реверберационных помех в мелком море, увеличить соотношение сигнал/помеха, что дало возможность с высокой степенью вероятности обнаруживать как рыбные косяки, так и одиночных рыб.

Использование цифровых методов первичной обработки гидроакустических сигналов, основанных на методе быстрого преобразования Фурье (БПФ), а также нормирование сигналов, т.е. их приведение к уровню шумов (помех), приводят к тому, что монитор станции является индикатором отношения сигнал/помеха и характер отображения информации отличается от привычных систем с аналоговой обработкой сигналов.

В станции не требуется режим ВАРУ. Изменение усиления и уровня излучаемой мощности мало влияет на характер отображения, хотя дальность обнаружения может значительно изменяться. Следует, однако, учитывать, что использование сложного сигнала (ЧМ) влияет

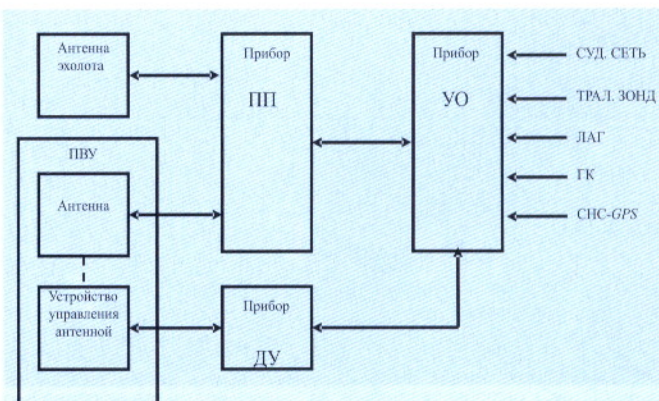


Рис. 1. Структурная схема рыбопоисковой станции «Лещ-М»

Азовское море. Морские испытания опытного образца ГЛ "Лещ-М", 2001 г.

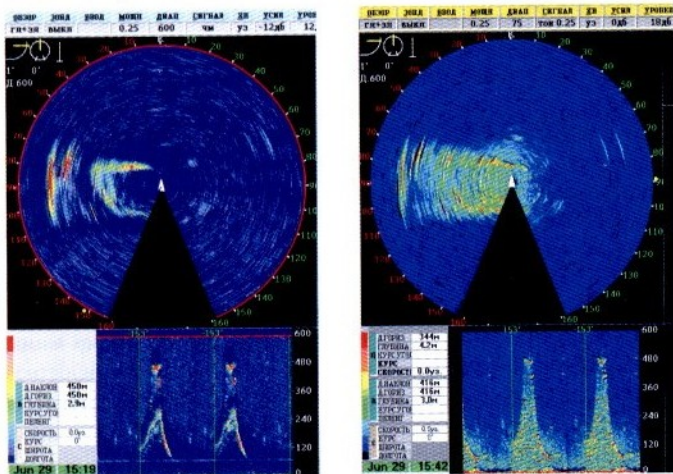


Рис. 2. Отображение протяженных целей в режиме гидролокатора: слева – сигнал ГЧМ; справа – тональный сигнал

Азовское море. Промысловые испытания ГЛ "Лещ-М", 2002 г.

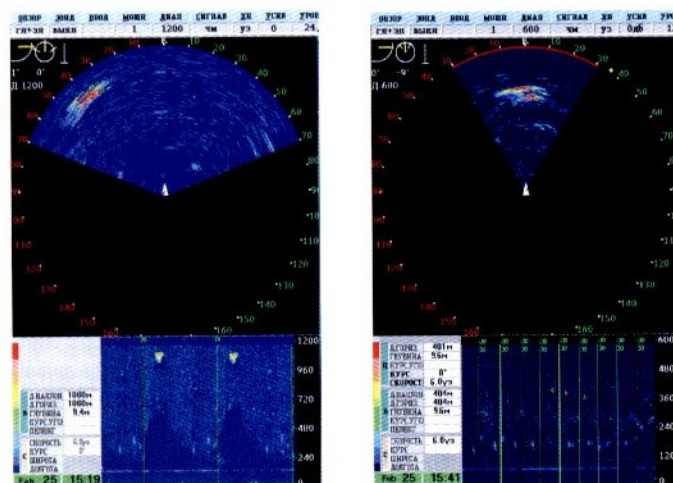


Рис. 3. Отображение рыбного скопления: слева – в режиме поиска (сигнал ГЧМ); справа – на галсе сближения (сигнал ГЧМ)

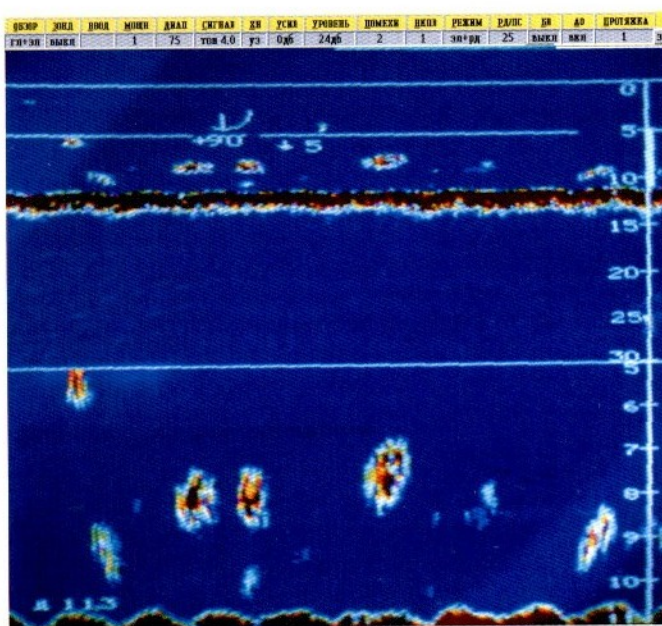


Рис. 4. Отображение косяков рыбы в режиме вертикальной локации

на характер эхо-отображения и требует от оператора определенных навыков.

Станция состоит из пяти функционально законченных приборов: герметичного поворотного-выдвижного устройства (ПВУ) с антенной гидролокатора (масса – 450 кг, высота – 2235, диаметр – 590 мм); эхолотной антенны (масса – 72 кг, высота – 332, диаметр – 400 мм); приемо-передающего устройства – ПП (масса – 16 кг, высота – 245, ширина – 417, глубина – 162 мм); устройства отображения с панелью управления станцией – УО (масса – 24 кг, высота – 540, ширина – 480, глубина – 500 мм) и устройства дистанционного управления – ПВУ-ДУ (масса – 26 кг, высота – 460, ширина – 330, глубина – 174 мм). Приборы ПП, УО, ДУ – малогабаритные, настольной и навесной конструкции.

Приборы ПП и ДУ устанавливаются в непосредственной близости от ПВУ и эхолотной антенны. УО устанавливается в ходовой рубке, в удобном для судоводителя месте. В станции предусмотрена совместная работа с внешними устройствами: траловым зондом, лагом, гирокомпасом (ГК) и спутниковой навигационной системой (СНС-GPS).

Приемный и передающий тракты являются общими для гидролокатора и эхолота, а станция работает поочередно (через посылку) в режимах гидролокатора или эхолота, при включенном совместном режиме обзора. Структурная схема станции приведена на рис. 1.

Станция выполняет функции гидролокатора и эхолота и имеет следующие тактико-технические характеристики:

- рабочая частота – 50 кГц;
- рабочие диапазоны – 75; 150; 300; 600; 1200; 2400 м;
- погрешность определения дистанции до рыбных скоплений и глубины одиночных рыб и скоплений – не более 2 % от шкалы установленного диапазона;
- характеристика направленности (ХН) гидролокатора: в вертикальной плоскости – 10°, в горизонтальной – 10 (узкая) или 20° (широкая);
- характеристика направленности эхолота: в продольной плоскости – 10°, в поперечной – 10 (узкая) или 20° (широкая);
- акустическое давление – не менее 80000 Па (при узкой) и 40000 Па (при широкой ХН);
- время автоматического спуска (подъема) антенны ПВУ – не более 60 с;

ручное и автоматическое дистанционное управление разворотом антенны ПВУ: в ручном режиме разворот осуществляется от 0 до 160° правого и левого борта со скоростью 3 °/с; в автоматическом режиме – от 0 до 160° правого и левого борта в пределах установленного сектора, изменяющегося от 0 до 320° со скоростью 3 °/с в направлении по часовой стрелке и 18 °/с – против часовой стрелки. Величина сектора изменяется от 0 до 320° дискретно с начальным шагом 30° и последующими шагами 2°;

- ручное дистанционное управление наклоном антенны ПВУ от 5° вверх до 105° вниз со скоростью 8±2 °/с;
- вид сигнала излучения – тональный или частотно-модулированный;
- длительность излучения тонального сигнала – 0,25; 0,5; 1,0; 2,0; 4,0; 8,0 мс;
- длительность излучения частотно-модулированного сигнала – 18 мс;
- режимы подавления реверберационных помех: пороговая обработка сигналов, накопление сигналов по посылкам;
- звуковая индикация эхо-сигналов гидролокатора;
- отображение информации на цветном плоскопанельном мониторе с размером по диагонали 15". Число цветовых градаций – 16;
- покадровая запись информации с экрана монитора с последующим воспроизведением по желанию оператора;
- прием информации от лага, гирокомпаса, СНС-GPS, тралового зонда;
- вывод на экран информации тралового зонда;
- сервисные режимы гидролокатора: смещение центра развертки на 0,5 величины установленного диапазона; расширенный диапазон (лупа); истинное движение; планшет; привязка изображения к курсу судна или направлению Nord;
- сервисные режимы эхолота: фазировка до 1,5 величины установ-

ленного диапазона; расширенный диапазон (лупа); придонный слой; амплитудная отметка; белая линия;

контроль работоспособности станции;

потребляемая мощность – не более 500 ВА;

электропитание станции от судовой сети однофазного переменного тока напряжением 220 В, 50 Гц;

большой объем служебной и сервисной информации, выводимой на экран монитора;

минимальное число оперативных органов управления станцией.

Основная часть функций управления осуществляется через экранное меню.

Опытный образец станции был установлен на судне типа СЧС и прошел заводские, швартовные, ходовые и промысловые испытания. Кроме этого были проведены морские испытания опытного образца станции «Лещ-М» в Азовском море, в акватории Таганрогского залива, на глубинах 3–6 м. При этом использовались как искусственные (типа уголкового отражателя с эквивалентным радиусом  $R_{\text{экв.}} = 2$  м), так и естественные цели (типа портовой стенки или удаленной морской косы). Результаты испытаний регистрировались с использованием *CD-ROM* с развертки цветного монитора. Испытания подтвердили высокую эффективность работы гидролокатора с ИГЧМ-сигналом в условиях мелкого моря по сравнению с тональным сигналом благодаря значительному снижению уровня реверберационных помех. Дальность действия станции в режиме излучения ИГЧМ-сигнала до цели с  $R_{\text{экв.}} = 2$  м составила 1000–1200 м.

Сравнительные эхограммы работы гидролокатора с ИГЧМ- и тональным сигналами приведены на *рис. 2*.

При применении ИГЧМ-сигнала выявились его явные преимущества по сравнению с тональным, так как эхограмма при излучении тонального сигнала практически полностью закрыта реверберацией.

В январе-феврале 2002 г. были проведены промысловые испытания установленного на СЧС-225 «Агура» опытного образца станции «Лещ-М». Испытания проводились в северо-восточной акватории Черного моря (район Анапы) и в акватории Азовского моря (район Керчи и Ейска). Работы велись на глубинах от 5 до 80 м на рыбных скоплениях различного объема и плотности (хамса, пиленгас). Производились поиск и наведение судна гидролокатором на рыбные косяки для прицельного лова. Проверялась работа станции в различных режимах: эффективность режима излучения сложного ИГЧМ-сигнала в сравнении с режимом тонального сигнала в условиях разных глубин; эффективность подавления реверберационных помех, а также промысловый эффект, получаемый от установки станции на судне. В процессе испытаний было сделано два промысловых выхода в море, каждый по 4 сут.

Работа станции в режиме гидролокатора и в режиме эхолота показана на *рис. 3* и *4* соответственно.

На *рис. 4* (в нижней части эхограммы) дополнительно показан расширенный диапазон обзора (лупа).

В процессе промысла станция уверенно обнаруживала (с последующим выловом) рыбные косяки пиленгаса средней плотности на дистанциях 500–600 м при глубине моря до 10 м и косяки хамсы – на дальностях 800–1000 м при глубинах моря 30–40 м.

Результаты испытаний подтвердили более высокую эффективность обнаружения рыбных скоплений гидролокатором при излучении сложного ИГЧМ-сигнала в сравнении с режимом тонального сигнала (особенно в условиях мелкого моря) благодаря значительному снижению уровня реверберационных помех и, как следствие, очищению от них экрана индикатора при высокой разрешающей способности. Полученные в реальных морских условиях данные подтверждают, что энергетическая дальность обнаружения при средней интенсивности засветки отметок цели (желто-зеленый цвет на темно-синем фоне) в мелком море составит не менее 1000 м, а в глубоком море – 1500 м. Промысловые испытания показали значительное увеличение эффективности лова при использовании станции «Лещ-М» как средства поиска рыбы.

В настоящее время проводится работа по улучшению устройства разворота и наклона акустической антенны гидролокатора станции.