

Всесоюзный ордена Трудового Красного Знамени  
научно-исследовательский институт морского рыбного  
хозяйства и океанографии

(В Н И Р О)

На правах рукописи  
УДК 639.2.081.7:681.883

ДОРОДНОВА Ирина Алексеевна

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОБНАРУЖЕНИЯ ГИДРОЛОКАЦИОННЫХ  
ЭХОСИГНАЛОВ ОТ РЫБНЫХ СКОПЛЕНИЙ МЕТОДАМИ ИМИТАЦИОННОГО  
МОДЕЛИРОВАНИЯ

Специальность 05.18.17 "Промышленное рыболовство"  
01.04.06 "Акустика"

Автореферат диссертации  
на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Москва 1988

Работа выполнена во Всесоюзном научно-исследовательском институте морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО) и научно-производственном объединении по технике промышленного рыболовства.

Научные руководители: доктор технических наук, профессор  
Кдович Д.Б.

кандидат технических наук, доцент  
Ольшевский В.В.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор  
Вершинский Н.В.

кандидат технических наук Теслер В.Д.

Ведущая организация: Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии.

\_\_\_\_\_ 1988 г. в \_\_\_\_\_ час.  
та Д II7.01.02 при Всесоюзном  
е морского рыбного хозяйства  
Москва, Верхняя Красносельская  
я в библиотеке ВНИРО.

\_\_\_\_\_ 1988 г.

а,

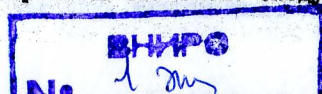
В.И.Кудрявцев

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность проблемы. Промышленное рыболовство СССР характеризуется непрерывным увеличением доли вылова рыбы в морях и океанах добывающим флотом. Флот является основой материально-технической базы отрасли и занимает ведущее положение в производственной деятельности рыбной промышленности. Освоение новых районов и объектов промысла в открытой части Мирового океана привело наряду с увеличением уловов к возрастанию расходов ресурсов на единицу вылова, снижению экономической эффективности. Одним из основных резервов повышения отдачи добывающего флота является уменьшение времени поиска, снижение числа безуспешных тралений и заметов за счет надежного обнаружения рыбных скоплений, прицельного наведения орудий лова и удержания судна над скоплением с помощью высокоэффективной рыбопоисковой аппаратуры. Таким образом создание и оснащение добывающих судов комплексом рыбопоисковых приборов с улучшенными характеристиками является первоочередной задачей научно-технического прогресса промышленного рыболовства.

В большинстве своем рыбопоисковые приборы являются гидроакустическими. В гидроакустическом сигнале полезная информация оказывается замаскированной помехами, поэтому к числу основных функций гидролокационных рыбопоисковых станций относится обнаружение эхосигналов от рыбных скоплений на фоне помех.

Процесс обнаружения включает в себя вычисление и формирование сигналов (статистик) для каждого элемента разрешения в наблюдаемом пространстве. Вид и содержание статистик зависит от принятых моделей для сигналов и шумов. Усовершенствование акустических моделей стимулирует разработку более сложных и эффективных методов обработки сигналов. Следует отметить, что на се-



годняшний день отсутствуют пригодные для практического использования методы построения алгоритмов обработки гидролокационных сигналов, сформированных вследствие рассеяния звука на совокупности элементарных рассеивателей, что имеет место в реальности при локации промыслового рыбного скопления, учитывающие биологическую структуру этих скоплений.

В современных антенных устройствах, применяемых в гидроакустической рыбопоисковой технике, непосредственно регистрируемой величиной является звуковое давление. Полное же описание акустического поля может быть получено на основе измерения давления и трех ортогональных компонентов колебательной скорости или градиента давления. В настоящее время можно считать общепризнанным, что методы совместной регистрации звукового давления и его градиента позволяют существенно повысить помехозащищенность гидроакустических измерительных систем. В представленной работе исследуется возможность применения комбинированных приемников в акустической локации рыб.

Качество системы обнаружения эхосигналов при наличии помех целесообразно оценивать с помощью вероятностных характеристик обнаружения. Эти характеристики не могут быть получены при физическом эксперименте, аналитические методы расчета встречают значительные технические трудности. Предлагается решать задачу оценки качества с помощью методов имитационного моделирования, которые уже начинают находить свое применение в промысловой гидроакустике.

Целью работы является создание методики имитационного моделирования процессов обнаружения эхосигналов от рыбных скоплений на фоне помех, а также разработка и оценка эффективности алгоритмов обнаружения рыболокационных сигналов на основе усовершенствования их акустической модели.

В соответствии с поставленной целью в работе решаются следующие задачи:

определение структуры и состава модели гидролокации рыбных скоплений;

разработка оптимального алгоритма обнаружения эхосигналов от рыбных скоплений при совместной регистрации давления и его градиента;

создание математического обеспечения исследования процессов обнаружения эхосигналов от рыбных скоплений методами имитационного моделирования;

оценка эффективности оптимальных и субоптимальных алгоритмов обнаружения эхосигналов от рыбных скоплений.

Научная новизна диссертационной работы состоит в следующем:

получен оптимальный алгоритм обнаружения эхосигналов от рыбных скоплений на фоне помех при совместной регистрации давления и его градиента;

разработаны алгоритмы имитационного моделирования эхосигналов от рыбных скоплений и их прохождения через оптимальный приемный тракт;

получены характеристики обнаружения эхосигналов от рыбных скоплений оптимальными и субоптимальными приемниками.

Практическая ценность. Разработан набор программных средств оценки качества алгоритмов обнаружения эхосигналов от рыбных скоплений, с помощью которого исследованы конкретные алгоритмы обнаружения, применяемые в рыбопоисковых приборах.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 9 печатных работ (два научных отчета и 7 статей).

Внедрение. Методика имитационного моделирования обнаружения

эхосигналов от рыбных скоплений применяется в НПО промысловства при проектировании рыбопоисковых гидроакустических комплексов.

Апробация работы. Основные положения и научные результаты докладывались и обсуждались на Восьмой всесоюзной конференции по информационной акустике (г. Москва, 1982 г.), на Третьей всесоюзной конференции по промысловой гидроакустике (пос. Рыбное Московской обл., 1984 г.), на Первом межотраслевом акустическом семинаре "Модели, алгоритмы, принятие решений" (г. Москва, 1984 г.), на Девятой всесоюзной конференции по информационной акустике (г. Москва, 1985 г.), на Четырнадцатой всесоюзной школе-семинаре по статистической гидроакустике (г. Минск, 1986 г.), на всесоюзной юбилейной научно-технической конференции по промышленному рыболовству, посвященной 100-летию со дня рождения Ф.И. Баранова (г. Калининград, 1986 г.), на методическом симпозиуме "Метрологические проблемы изучения распределения и определения биомассы балтийских рыб" (г. Рига, 1987 г.).

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, списка использованных источников из 126 наименований, в том числе 14 зарубежных, и 12 приложений, изложена (кроме приложений) на 129 страницах, включает 27 рисунков и 10 таблиц. В приложениях на 71 странице приведены описания программ имитационного моделирования.

#### СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе дается формулировка проблемы машинной имитации обнаружения эхосигналов от рыбных скоплений.

Основу советского океанического рыболовства составляют разнотрапный траловый и кошелевый виды лова, реализуемые высоко-механизированными траулерами и сейнерами. Наиболее эффективным

технологическим приемом выполнения операций и при кошелевом, и при траловом лове является прицельный лов, предусматривающий целенаправленное наведение орудия лова на облавливаемые рыбные скопления. Важнейшим условием организации прицельной тактики лова является оснащение судов гидроакустическими поисковыми приборами.

Трещев и Юдович дают уравнение рекогносцированного (прицельного) лова, из которого следует, что увеличение уловов может быть обеспечено за счет уменьшения времени поиска, повышения его эффективности и снижения числа безуспешных тралений и заметов. Использование рыбопоисковой аппаратуры с улучшенными тактико-техническими и эксплуатационными показателями позволяет уменьшить непроизводительные затраты времени путем увеличения производительности поиска, повышения вероятности гидроакустического обнаружения рыбных скоплений, снижения вероятности ложной тревоги.

Дальность обнаружения является величиной вероятностной, зависящей от вида и уровня помех, типа эхосигнала и заданных вероятностей правильного обнаружения и ложной тревоги. Не меняя акустической антенны рыбопоисковой аппаратуры (РПА), добиться увеличения дальности, а, следовательно, и производительности поиска, можно с помощью обработки эхосигналов в приемном тракте.

При прочих постоянных параметрах дальность определяется коэффициентом распознавания или параметром обнаружения, характеризующим то минимальное отношение сигнал/шум, при котором с заданной вероятностью ложной тревоги полезный сигнал обнаруживается с заданной вероятностью правильного обнаружения. Параметр обнаружения может быть определен из вероятностных характеристик обнаружения. Через разность параметров обнаружения, выраженных в децибелах, оценивается выигрыш, получаемый более совершенным приемным трактом.

Характеристики обнаружения представляют собой зависимость вероятности правильного обнаружения от отношения сигнал/шум при фиксированной вероятности ложной тревоги. Они могут быть получены в результате имитационного машинного эксперимента при заданных параметрах входных сигналов и помех. Следует отметить, что никаким другим способом они и не могут быть получены, т.к. при промышленных испытаниях не измеряются параметры шумового поля и поля реверберации, а также параметры рыбных скоплений. Поэтому результаты испытаний, полученные в реальных условиях промысла, не являются сопоставимыми. Аналитический расчет характеристик обнаружения часто встречает существенные технические трудности. Таким образом, применение имитационного машинного моделирования неизбежно в промышленной гидроакустике на этапах проектирования РПА, модернизации и при проведении эхосъемок.

В статистической гидроакустике под имитационными машинными экспериментами понимается численный метод проведения статистических измерительных экспериментов на ЭВМ с математическими моделями гидроакустических объектов исследования. Под моделью гидролокации рыбных скоплений понимается такая совокупность математических соотношений, связывающих океанологические характеристики, физические характеристики рыбных скоплений, акустические поля в океане и выходные эффекты информационных гидроакустических систем, которая позволяет количественно с контролируемой точностью прогнозировать протекание тех явлений в океане, которые существенны в решаемой задаче. В данном случае это обнаружение эхосигналов от рыбных скоплений.

Модель гидролокации рыбных скоплений содержит семь групп подсистем. Первая группа описывает физические характеристики излучающих акустических антенн рыболокаторов и источников подводных

акустических шумов; вторая - физические характеристики океана и рыбных скоплений; третья - акустические характеристики источников полей, океана и объектов локации; четвертая - акустические поля в океане; пятая - алгоритмы пространственно-временной обработки акустических полей; шестая - алгоритмы принятия решений; седьмая - элементы измерительно-вычислительного канала адаптивной оптимизации характеристик гидроакустических систем.

Вторая глава посвящена пространственно-временной обработке гидроакустической информации.

Полная информация, существенная при решении ряда обратных задач гидроакустики, содержится в звуковом давлении и трех ортогональных компонентах градиента давления. Градиент скалярного поля акустического давления является полем векторным. В этом смысле задание совместных свойств давления и его градиента соответствует скалярно-векторному описанию акустического поля.

Полное вероятностное описание акустического поля соответствует определению многомерной плотности вероятности. Такое описание выполнено в предположении, что поле акустического давления описывается гауссовым законом распределения. Выведено общее выражение пространственно-временной автокорреляционной функции давления эхосигналов от рыбных скоплений, являющейся исходной корреляционной характеристикой акустического поля.

Подробно рассмотрен случай излучения синусоидального импульса с прямоугольной огибающей при неподвижных рассеивателях. Получены выражения авто и взаимных корреляционных функций давления и частной пространственной производной давления вдоль направления распространения излучаемого сигнала.

На основе рассмотренного вероятностного описания был построен оптимальный алгоритм обнаружения эхосигналов от рыбных скопле-

ний на фоне помех, который определяется функционалом отношения правдоподобия. Функционал отношения правдоподобия может быть представлен в виде суммы оптимальных алгоритмов некогерентной  $\Lambda_n[\tilde{\Phi}_1(t), \tilde{\Phi}_2(t)]$  и когерентной обработки  $\Lambda_k[\tilde{\Phi}_1(t), \tilde{\Phi}_2(t)]$  структурные схемы которых приведены на рис. 1 и 2.

На рисунках приняты следующие обозначения:  $\tilde{\Phi}_1(t)$  и  $\tilde{\Phi}_2(t)$  - комплексные огибающие давления и частной пространственной производной давления вдоль направления распространения излучаемого сигнала;  $\tilde{\ell}_{11}, \tilde{\ell}_{12}, \tilde{\ell}_{22}, \tilde{z}_1$  и  $\tilde{z}_2$  - комплексные коэффициенты; Re - символ перехода от комплексных представлений к действительным;  $\ell(t, s)$  - импульсная функция оптимального алгоритма некогерентной обработки;  $z(t)$  - опорный сигнал; T - время сглаживания.

На рис. 1 видно, что оптимальный некогерентный алгоритм формирует величины, пропорциональные квадрату звукового давления, потоку акустической мощности и квадрату одной из составляющих градиента давления, которые складываются в выходном сумматоре.

В реферируемой работе приведены интегральные уравнения, решениями которых являются функции  $\ell(t, s)$  и  $z(t)$  и комплексные коэффициенты  $\tilde{\ell}_{11}, \tilde{\ell}_{12}, \tilde{\ell}_{22}, \tilde{z}_1, \tilde{z}_2$ .

Третья глава посвящена созданию математического обеспечения моделирования обнаружения эхосигналов от рыбных скоплений и оценке его качества.

С точки зрения гидроакустики промысловых рыб можно рассматривать, в основном, как дискретные объекты локация, рассеивающие свойства которых являются величинами случайными, зависящими от вида и размера рыб, их поведения, частоты облучения и условий гидролокации. Вероятностной моделью сигнала от скопления рыб как дискретных рассеивателей можно считать каноническое представление этих сигналов в виде суммы независимых рассеянных от отдель-

Структурная схема некогерентного алгоритма оптимальной обработки

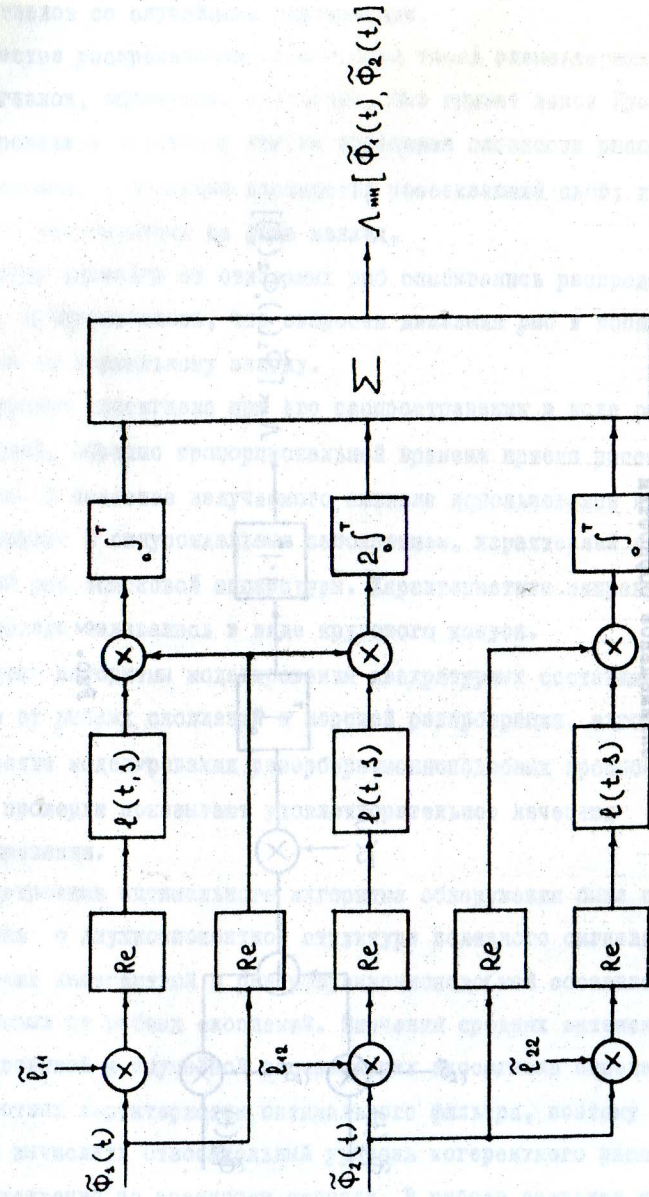


Рис. 1

Структурная схема когерентного алгоритма оптимальной обработки

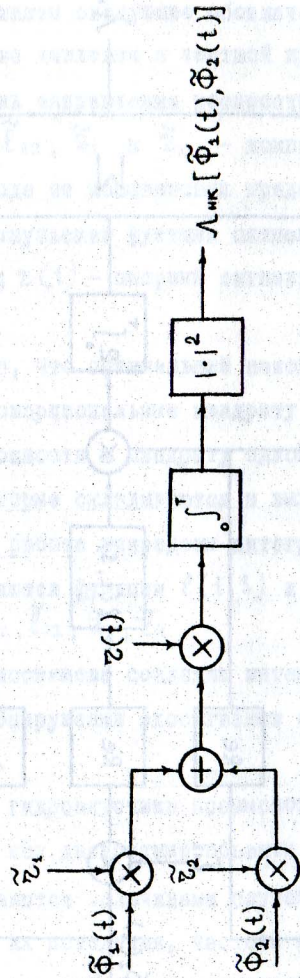


Рис. 2

ных рыб сигналов со случайными параметрами.

В качестве распределения вероятности числа элементарных рассеянных сигналов, образующих эхосигнал, был принят закон Пуассона. Моделировались различные законы изменения плотности рассеивателей по глубине: постоянная плотность; рассеивающий слой; наличие крупного рассеивателя на фоне мелких.

Амплитуды сигналов от отдельных рыб описывались распределением Райса. Предполагалось, что скорости движения рыб в косяке распределены по нормальному закону.

Спад уровня эхосигнала при его распространении в воде описывался функцией, обратно пропорциональной времени приема рассеянного сигнала. В качестве излучаемого сигнала использовался прямоугольный импульс с синусоидальным заполнением, характерный для существующей рыбопоисковой аппаратуры. Характеристика направленности излучателя задавалась в виде кругового конуса.

Приведены алгоритмы моделирования квадратурных составляющих эхосигналов от рыбных скоплений и морской реверберации, алгоритм оценки качества моделирования реверберационноподобных процессов. Результаты проверки показывают удовлетворительное качество моделирования.

При построении оптимального алгоритма обнаружения была принята гипотеза о двухкомпонентной структуре полезного сигнала, т.е. о наличии когерентной и реверберационноподобной составляющих эхосигналов от рыбных скоплений. Значения средних интенсивностей когерентной и случайной составляющих эхосигнала определяют вид частотных характеристик оптимального фильтра, поэтому важно уметь вычислять относительный уровень когерентного рассеяния непосредственно по принятому сигналу. В работе приведен алгоритм определения относительного уровня когерентного рассеяния, основанный на вычислении математического ожидания нормированной

характеристики подобия излучаемых сигналов и эхосигналов.

Приведен алгоритм моделирования поля эхосигналов. Для смоделированных выборочных реализаций давления и его частных пространственных производных вычислялись оценки авто и взаимных корреляционных функций. Результаты машинного эксперимента показывают удовлетворительное соответствие измеренных характеристик теоретическим.

Вид функций  $\rho(t, s)$  и  $\rho(t)$  для случая приема скалярного акустического давления был получен Ольмезским. В реферируемой работе получены дискретные аналоги частотных характеристик некогерентного и когерентного алгоритмов оптимальной обработки, а также дискретные формы алгоритмов.

Для оценки качества моделирования прохождения гидроакустических сигналов через оптимальный приемный тракт были введены теоретические значения математических ожиданий и дисперсий напряжения на выходе приемника. Для смоделированных 100 реализаций были измерены оценки этих величин. Из результатов расчетов следует удовлетворительное соответствие измеренных характеристик теоретическим.

В четвертой главе приведены результаты исследования процессов обнаружения гидролокационных сигналов от рыбных скоплений методами имитационного моделирования.

Некоторыми авторами делалось предположение о возможности использования эффекта Доплера при изучении структуры рыбных косяков. Напомним, что эхосигналы от рыбных скоплений являются процессами случайными, поэтому имеет смысл говорить о влиянии движения рыб в косяке на вид корреляционных зависимостей, которые в конечном счете определяют структуру обнаружителя.

Были проведены машинные эксперименты, позволившие получить

эти зависимости с контролируемой точностью. Результаты моделирования показывают, что при принятых исходных данных корреляционные зависимости практически не зависят от значения и направления движения рассеивателей и совпадают с зависимостями, полученными для неподвижных рассеивателей и прямо-излучающей антенны. В связи с этим при определении структуры оптимального приемника доплеровский сдвиг принимался равным нулю. Далее в результате машинных экспериментов выяснилось, что при количестве рыб в рассеиваемом объеме много большем единицы, распределение вероятностей эхосигналов стремится к гауссовскому, когерентная составляющая мала и слабо зависит от плотности скопления. Существенно развито уравнение когерентного рассеяния на участке эхосигнала, включающем градиент плотности рассеивателей по глубине, и на участке, соответствующем постоянной плотности. Поэтому изучался процесс обнаружения различных участков эхосигналов.

Объектом исследования при имитационном моделировании обнаружения эхосигналов от рыбных скоплений являлись оптимальные и субоптимальные алгоритмы обработки при приеме скалярного акустического давления. В качестве субоптимальных рассматривались квадратичный детектор и простой взаимно корреляционный приемник.

Оценки вероятностей ложных тревог и правильного обнаружения определялись как частоты превышения некоторого порога в отсутствии эхосигнала и при его введении соответственно. Распределение вероятностей выходных величин предполагалось гауссовским. Значение порога определялось, исходя из заданной вероятности ложной тревоги. Отношение реверберация/шум фиксировалось, отношение сигнал/шум  $\rho_{\Sigma}$  изменялось от отношения реверберация/шум до того значения, при котором обеспечивалась вероятность правильного обнаружения  $P_{\text{до}} = 0,9$  для всех рассматриваемых алгоритмов обнаруже-



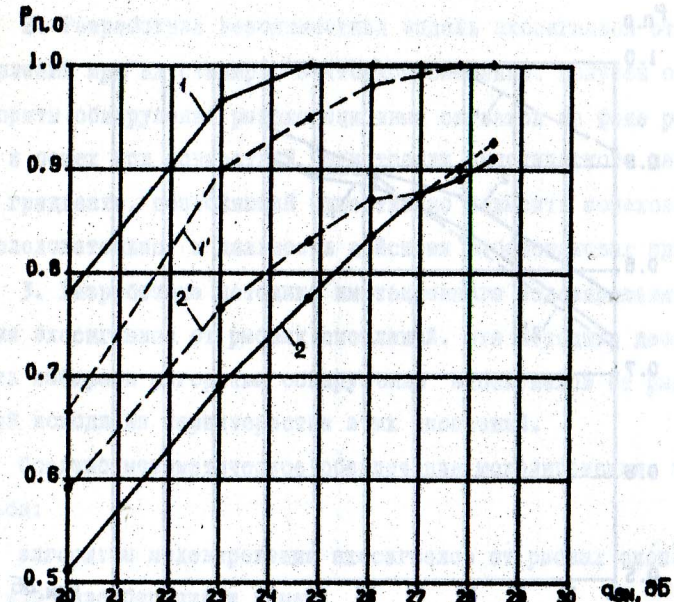
ния.

Анализ полученных характеристик обнаружения показывает, что при обнаружении эхосигналов от рыбных скоплений на участке, соответствующем вхождению излученного импульса в скопление (рис. 3), наилучшим является оптимальный некогерентный приемник. Выигрыш по сравнению с квадратичным детектором при вероятности правильного обнаружения  $P_{л.о} = 0,9$  составил порядка одного децибела. На участке эхосигнала, соответствующем постоянной плотности рассеивателей (рис. 4), наилучшим является квадратичный детектор, выигрыш которого по сравнению с оптимальным некогерентным алгоритмом обнаружения составил  $\sim 7$  дБ и  $\sim 5$  дБ по сравнению с оптимальным когерентным приемником.

Имитировалась также обработка эхосигналов в существующих и вновь разрабатываемых рыбопоисковых приборах. В этой связи рассматривалась эффективность алгоритмов обнаружения, используемых в автоматизированной системе управления траловым ловом "Атлант-1" и в гидролокаторе, включенном в эту систему. В гидролокаторе осуществляется стационаризация эхосигнала с помощью ВАРУ, в каждом строке дальности формируется отсчет огибающей, усредненной за время, равное длительности излучаемого импульса. В АСУ ТП "Атлант-1" производится бинарное квантование принятого от гидролокатора отсчета путем сравнения его с адаптивным порогом. Обнаружение по одной послышке было дополнено логическим накоплением по принципу "три из трех", т.е. решение о наличии полезного сигнала в строке принималось только после его обнаружения в трех последовательных послышках.

Анализ характеристик обнаружения показывает, что при обнаружении эхосигналов от скопления, представляющего собой плоскопараллельный слой, алгоритм с логическим накоплением дает выигрыш порядка четырех децибел при  $P_{л.о} = 0,9$  по сравнению с алгоритмом

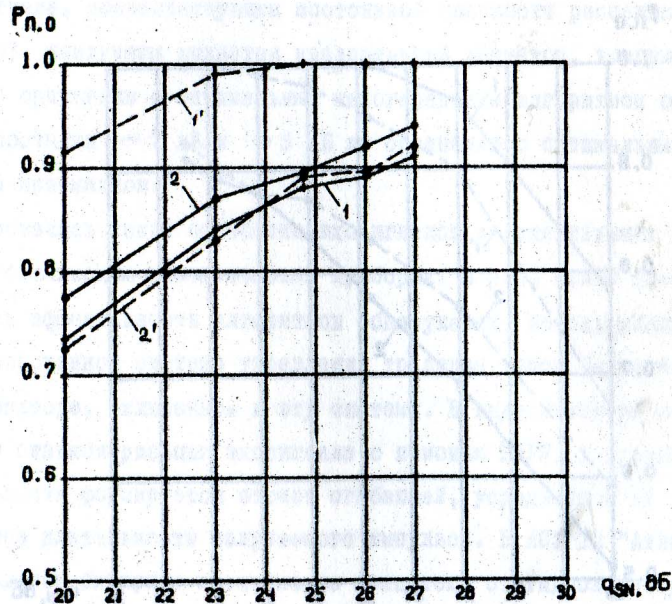
Характеристики обнаружения эхосигналов от границы скопления



- 1 - оптимальный некогерентный алгоритм;
- 1' - квадратичный детектор;
- 2 - оптимальный когерентный алгоритм;
- 2' - взаимно корреляционный приемник

Рис. 3

Характеристики обнаружения эхосигналов от скопления с постоянной плотностью



- 1 - оптимальный некогерентный алгоритм;
- 1' - квадратичный детектор;
- 2 - оптимальный когерентный алгоритм;
- 2' - взаимно корреляционный приемник

Рис. 4

обнаружения по одной послышке (рис. 5).

Научные и прикладные результаты диссертационной работы

1. Определены структура и состав модели гидролокации рыбных скоплений, которая позволяет изучить процесс обнаружения эхосигналов от рыбных скоплений количественно с контролируемой точностью.

2. Разработана вероятностная модель эхосигналов от рыбных скоплений при их скалярно-векторном описании. Получен оптимальный алгоритм обнаружения рыболокационных сигналов на фоне реверберации и помех при совместной регистрации акустического давления и его градиента, позволяющий существенно повысить помехозащищенность, а, следовательно, и дальность действия рыбопоисковых приборов.

3. Разработана методика имитационного моделирования обнаружения эхосигналов от рыбных скоплений. Эта методика дает возможность выбирать алгоритмы обнаружения эхосигналов от рыбных скоплений исходя из характеристик этих скоплений.

Создано математическое обеспечение моделирования, включающее в себя:

алгоритмы моделирования эхосигналов от рыбных скоплений, морской реверберации и помех;

алгоритм оценки качества моделирования реверберационноподобных процессов;

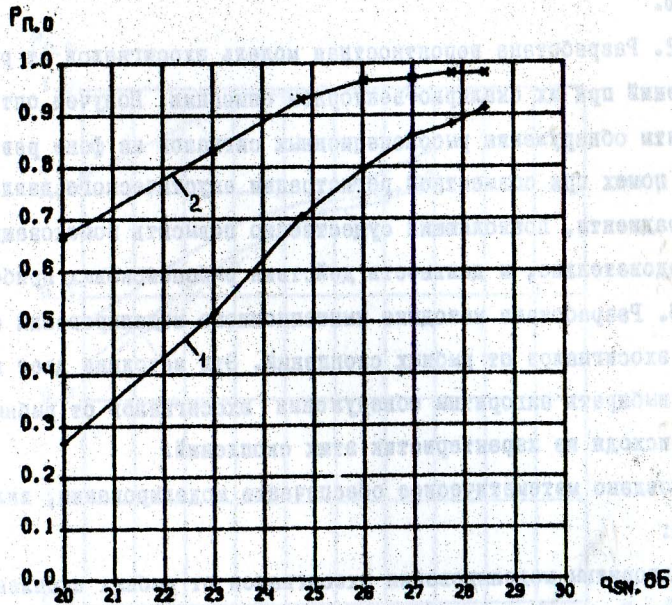
алгоритм оценки относительного уровня когерентного рассеяния в скоплении;

- алгоритм моделирования поля эхосигналов;

- алгоритмы моделирования оптимальных и субоптимальных приемников.

4. Получены характеристики обнаружения эхосигналов от рыбных

**Характеристики обнаружения эхосигналов  
от скопления в виде слоя**



- 1 - обнаружение по одной послылке;
- 2 - алгоритм с логическим накоплением

Рис. 5

скоплений оптимальными и субоптимальными алгоритмами. При этом выяснилось, что при обнаружении одиночных эхосигналов наилучшим является квадратичный детектор. Дополнение обнаружения на одной послылке логическим накоплением за несколько последовательных посылок повышает помехоустойчивость приемного тракта рыбопоисковых приборов. Предложенный в диссертационной работе алгоритм обнаружения эхосигналов от рыбных скоплений с логическим накоплением был успешно применен в бортовом комплексе ввода информации и управления автоматизированной системы управления технологическим процессом тралового лова "Атлант-1".

Основные результаты диссертации опубликованы автором в следующих работах:

1. Дороднова И.А. Имитационное моделирование эхосигналов от рыбных скоплений // Тр. Восьмой всесоюзной конференции по информационной акустике. - М.: Акустический ин-т, 1984. - С. 30-32.
2. Дороднова И.А. Имитационное моделирование эхосигналов от рыбных скоплений с учетом кинематического описания эффекта Доплера // Тез. Первого межотраслевого акустического семинара "Модели, алгоритмы, принятие решений". - М.: Акустический ин-т, 1985. - С. 53-56.
3. Дороднова И.А. Имитационное моделирование обнаружения эхосигналов от рыбных скоплений // Тез. Четырнадцатой всесоюзной школы-семинара по статистической гидроакустике. - М.: Акустический ин-т, 1986. - С. 98-101.
4. Дороднова И.А., Ольшевский В.В. Вероятностное описание акустических полей как скалярно-векторных случайных функций // Тез. Первого межотраслевого акустического семинара "Модели, алгоритмы, принятие решений". - М.: Акустический ин-т, 1985. - С. 19-23.

5. Дороднова И.А., Ольшевский В.В. Информационно-системная интерпретация оптимального алгоритма обнаружения двухкомпонентных эхосигналов на фоне помех при их скалярно-векторном описании // Тез. Четырнадцатой всесоюзной школы-семинара по статистической гидроакустике. - М.: Акустический ин-т, 1986. - С. 71-75.

6. Дороднова И.А., Ольшевский В.В. Оптимальный пространственно-временной алгоритм обнаружения акустических сигналов на фоне помех при их описании как скалярно-векторных полей // Тез. Девятой всесоюзной конференции по информационной акустике. - М.: Акустический ин-т, 1987. - С. 59-64.

7. Дороднова И.А., Ольшевский В.В. Дискретная и непрерывная формы скалярно-векторного описания оптимального алгоритма обнаружения акустических сигналов на фоне помех // Тез. Девятой всесоюзной конференции по информационной акустике. - М.: Акустический ин-т, 1987. - С. 54-59.

*И.А. Дороднова*

Л- 74417                      Подписано к печати 14/XI-88г.  
Объем - 1,25 л.л.          Тираж 100  
Формат 60x84 I/16          Заказ № 547  
                                    Ротапринт ВНИРО  
                                    107140, Москва, Верхняя Красносельская, 17