

КОМИТЕТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО РЫБОЛОВСТВУ

**Всероссийский научно-исследовательский институт  
рыбного хозяйства и океанографии  
( ВНИРО )**

На правах рукописи

УДК 639.2.081: 574.5

*Кудрявцев Валерий Иванович*

**Дистанционный контроль процессов разноглубинного  
тралового лова**

Специальность 05.18.17 " Промышленное рыболовство "

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
доктора технических наук

Москва, 1994



Работа выполнена во Всероссийском научно — исследовательском институте рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО)

Официальные оппоненты: доктор технических наук И.В.Никоноров

доктор технических наук М.Г.Когон

доктор технических наук Ю.Ф.Тарасюк

Ведущее предприятие: Государственный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт по развитию и эксплуатации рыбопромыслового флота (Гипрорыбфлот)

Защита состоится " 17 " марта 1994г. на

заседании специализированного научно-исследовательского совета при ВНИРО

по адресу: 107140, 1

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ВНИРО

Автореферат разослан

И.о. ученого секретаря специализированной комиссии кандидат технических наук

### ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность проблемы и цель работы.** Разноглубинный траловый промысел продолжает оставаться основным видом отечественного океанического и морского промышленного рыболовства. В настоящее время его доля составляет порядка 70% в общем объеме добычи гидробионтов.

Промышленное освоение и развитие разноглубинного тралового лова неразрывно связано с развитием и расширением сферы использования в рыболовстве технических средств дистанционного контроля облавливаемых объектов и рыболовной системы в водной среде. Разноглубинный траловый промысел является, пожалуй, единственным видом промышленного рыболовства, который практически невозможен без получения информации об орудии и объектах лова непосредственно во время траления. Характерной его чертой является прицельность.

На первом этапе внедрения данного вида лова (во 2<sup>й</sup> половине 50<sup>х</sup>) дистанционный контроль процессов разноглубинных тралений выполнялся с помощью бортовой рыбопоисковой техники горизонтальной и вертикальной акустической локации при предварительной тарировке трала по глубине.

Большой вклад в развитие отечественных гидроакустических рыбопоисковых приборов и применение их на разноглубинном траловом промысле внесен учеными, инженерами и операторами-гидроакустиком В.Г.Ажажой, Н.И.Болезым, А.П.Воронежским, А.А.Ганьковым, В.И.Кабарухиным, В.А.Медведевым, В.А.Осташковым, Г.П.Петровым, М.Д.Подлипановым, М.Ф.Сапиным, Г.А.Синицким, М.Д.Трускановым, А.С.Шеиным, К.И.Юдановым и многими другими исследователями, разработчиками и судовыми гидроакустиком.

Тем не менее такого информационного обеспечения оказалось далеко недостаточно для выполнения эффективных разноглубинных тралений.

Значительно большее влияние на расширение сферы распространения разноглубинного тралового лова в практике промысла оказало дополнение указанной бортовой аппаратуры траловыми средствами дистанционного контроля процесса траления сетевыми, или траловыми зондами.\*Начало

\*)"Зонд сетевой" для дистанционного контроля с рыбопромысловым

№ ВНИРО



го судна параметров орудий лова и подводной обстановки в зоне их действия непосредственно в процессе лова.." (Кудрявцев В.И. БСЭ, 1972, т.9). Их созданию и, соответственно, появлению элементов нового направления техники для промысловства—средств дистанционного контроля процессов разноглубинного тралового лова—положили работы (в конце 50<sup>х</sup>) наших ученых и инженеров под руководством Н.В.Вершинского и А.И.Трещева. Значительный вклад в создание и развитие траловых систем дистанционного контроля процессов разноглубинных тралений внесли И.А.Зубарев, Ю.В.Орлов, А.И.Кореньков, В.В.Овечкин, Г.П.Петров, Н.В. Шубный, под руководством которых был разработан ряд систем, устройств контроля трала с кабельной и гидроакустической линиями связи **ИГЭК (У, УМ, Супер), Игла, Глубина, Дейма, СКОЛ (1500, 2000Р), Ритм (600, 2000), Улов, Улов-2, Эридан.**

Окончательно вышеуказанное направление определилось в конце 70<sup>х</sup>, когда стала разрабатываться и бортовая гидроакустическая аппаратура, предназначенная не только для поиска и обнаружения объектов лова, но и для информационного обеспечения их облова (к примеру, станции квази-одновременного кругового обзора).

В связи с ограниченностью имевшихся теоретических разработок, фрагментарностью сведений о поведении промысловых объектов при их облове разноглубинными тралами, об изменениях основных характеристик трала при промысловых тралениях развитие данного направления не обошлось без так называемого метода проб и ошибок. Разработки практических средств дистанционного контроля проводились фактически параллельно с теоретическими, аналитическими, экспериментальными исследованиями. В качестве основного инструмента исследования нередко применялись непосредственно сами средства дистанционного контроля.

Оценке влияния технических средств дистанционного контроля на производительность промысловых судов посвящены работы С.В. Маричевой, В.Н. Лукашова, Ю.Б. Юдовича. Отдельные аспекты указанной задачи с учетом параметров трала рассматривались в работах Ю.В. Кадильникова, В.Н. Лукашова, В.К. Саврасова.

В настоящее время есть множество публикаций отечественных и зарубежных авторов, в которых рассмотрены отдельные моменты или ряд аспектов контроля положения, характеристик орудия лова и облавливаемых объектов непосредственно во время траления, в том числе и в 3-х монографиях автора. Однако до сих пор нет работы, в которой в систематизированной форме были бы изложены все основные вопросы технических средств дистанционного контроля процессов разноглубинного тралового лова, в том числе их построения, возможностей и применения.

В последнее десятилетие направление развития разноглубинного тралового промысла, связанное с увеличением энергоемкости, тягово-скоростных характеристик добывающих траулеров и габаритов тралов, во многом себя уже исчерпало и большее внимание стало уделяться иным путям, предполагающим совершенствование управления ходом процесса добычи, создание формоизменяемых адаптирующихся траловых систем, управление поведением облавливаемых объектов в процессе траления.

Рациональное решение указанных проблем практически невозможно без обеспечения постоянного эффективного дистанционного контроля непосредственно во время траления основных характеристик и параметров трала, его положения в водной среде, положения облавливаемых объектов относительно судна и орудия лова, их характеристик и поведения в процессе облова. Недостаточно полным и качественным информационным обеспечением процессов разноглубинных тралений в значительной мере сдерживается развитие работ по вышеуказанным направлениям.

Это определяет актуальность темы исследования.

Целью диссертации является разработка, обоснование основных теоретических предпосылок и концепции нового направления техники для промысловства—средств дистанционного контроля процессов разноглубинного тралового лова—и разработка на этой основе комплексной гибкой системы качественного оперативного дистанционного контроля основных процессов разноглубинных тралений.

Для достижения цели диссертационной работы потребовалось решение



следующих задач:

- систематизация и классификация задач, решение которых должно обеспечиваться с помощью средств дистанционного контроля при разноглубинном траловом лове;
- разработка принципов и критериев оценки потенциальной технической эффективности и соответствующих частных показателей эффективности средств дистанционного контроля, исходя из качества выполнения ими задач информационного обеспечения процессов разноглубинных тралений;
- анализ эффективности применяющейся на судах аппаратуры по информационному обеспечению выбора скоплений для облова, наведения рыболовной, траловой системы на скопления и стаи (косяки), контроля результата наведения, наличия и поведения рыбы в устье, сечениях трала и др.;
- разработка методов измерения и контроля основных характеристик и параметров трала, траловой системы, их положения относительно облавливаемых объектов, поведения рыбы в зоне действия рыболовной системы, трала, а также степени наполнения тралового мешка рыбой;
- обоснование основных требований к аппаратуре дистанционного контроля процессов разноглубинного тралового лова;
- разработка принципов построения и определения структурных форм и схем устройств, повышающих эффективность приборов по информационному обеспечению наведения устья трала на рыбу;
- разработка принципов построения и функциональных схем средств и устройств комплексного контроля основных характеристик траловой системы, ее положения относительно облавливаемых объектов, а также рыбы в зоне действия трала;
- разработка концепции и принципов построения гибкой комплексной акустической системы дистанционного контроля процессов разноглубинного тралового лова на основе системного анализа проблемы и выработанных в его рамках новых комбинированных гидроакустических методов определения основных параметров и характеристик трала и траловой системы, их положения относительно облавливаемых объектов, поведе-

ния рыбы в зоне действия траловой системы, трала и его элементов, степени наполнения трала.

**Общая методика исследования.** Диссертационная работа обобщает многолетние теоретические и экспериментальные исследования автора в области создания, развития и практического применения гидроакустических средств информационного обеспечения процессов промысловства.

В первую очередь были выбраны и обоснованы основные характеристики, информацию о которых необходимо получать от средств дистанционного контроля непосредственно в процессе промыслового траления, определены содержание, объем и характер информационного обеспечения, требуемого для каждого из этапов разноглубинного траления, выполнена систематизация и классификация задач, решаемых с помощью средств оперативного контроля при разноглубинном траловом промысле.

Затем были выработаны принципы оценки технической эффективности (качества) аппаратуры контроля по информационному обеспечению процессов лова и определены критерии-показатели такой оценки.

На их основе с учетом требований пользователя-оператора аппаратуры (в основном, в части наглядности, удобства восприятия получаемых данных), эксплуатационных характеристик, экономических аспектов проведен критический разбор применяемых и существующих или предлагаемых методов решения каждой из задач информационного обеспечения процессов траления, разработаны, экспериментально проверены новые, более эффективные, удобные и рациональные методы получения необходимой информации.

Далее на базе выработанных научно-технических предпосылок и новых методов контроля поставлена и решена задача обоснования концепции, основных принципов построения и разработки комплексной гибкой гидроакустической системы оперативного дистанционного контроля.

**Научное значение и новизна работы.** Выполненные автором теоретические и экспериментальные исследования, в том числе в промысловых условиях, показали, что наиболее эффективными, целесообразными, надежными, удобными в эксплуатации и использовании средствами информаци-



онного обеспечения промысловых разноглубинных тралений непосредственно во время лова являются гидроакустические.

На основе этой концепции выработаны основные теоретические предпосылки нового научно-технического направления, — гидроакустического дистанционного контроля процессов разноглубинного тралового лова, охватывающего основные аспекты выбора скоплений для последующего облова, определения и контроля положения трала, траловой системы и объектов лова, оценки их поведения в процессе облова, определения и контроля параметров, характеристик трала, траловой системы, степени наполнения трала непосредственно во время траления, на базе которых, а также предложенных новых методов решения вышеуказанных задач разработаны научно обоснованные принципы построения гибкой комплексной гидроакустической системы качественного и рационального оперативного контроля основных процессов разноглубинных промысловых тралений.

При выполнении работы впервые получены также следующие результаты:

- разработаны принципы объективной комплексной оценки потенциальной технической эффективности средств промысловой гидроакустики по степени качества выполнения ими задач информационного обеспечения процессов поиска и облова обнаруженных промысловых объектов и соответствующий показатель-критерий такой оценки, выражаемый в виде суммы произведений частных показателей качества аппаратуры по  $i$ -й выполняемой задаче на переменный индекс весомости или значимости данной задачи в конкретных условиях лова;

- разработаны вероятностные критерии оценки эффективности наведения трала на малоподвижные скопления объектов лова и установлены функциональные зависимости между величиной коэффициента эффективности наведения трала на рыбу и характеристиками средств дистанционного контроля, размерами устья трала и скоплений;

- получены выражения для оценки степени повышения эффективности наведения устья трала на подвижные объекты лова за счет использования разных типов средств дистанционного контроля процессов траления;

- разработаны вероятностные критерии оценки качества приборов по обеспечению контроля результата наведения устья трала на объекты лова, контроля рыбы в устье трала и его сечениях, получены выражения для их определения;

- разработаны новые простые, надежные, эффективные и рациональные методы и соответствующие устройства контроля основных характеристик траловой системы и трала непосредственно в процессе траления, а именно, горизонтального раскрытия, перекоса и пространственной симметрии трала и траловой системы, положения трала и траловой системы относительно скоплений рыбы, траловых досок относительно центра верхней подборы, поведения рыбы в зоне действия трала и внутри него, разности длины вытравленных ваеров, степени наполнения мешка трала рыбой, признанные изобретениями;

- разработаны принципы построения устройств для повышения эффективности наведения устья трала на стаи (косяки) и скопления рыбы, обеспечения качественного контроля за рыбой в зоне трала, его устья и сечениях, автоматической регистрации размеров, формы косяков при горизонтальной локации, автоматического сопровождения объектов лова, признанные изобретениями.

**Практическая ценность работы** заключается в возможности применения ее результатов для создания промышленной гибкой комплексной гидроакустической системы дистанционного контроля основных процессов разноглубинного тралового лова, которая в различных модификациях может использоваться как на промысловых траулерах, так и при исследованиях по совершенствованию и развитию траловых орудий лова. Полученные аналитические зависимости дают возможность при проектировании средств дистанционного контроля определять необходимые параметры аппаратуры по обеспечению наведения устья трала на рыбу, контроля за объектами лова в зоне трала, его устья и сечениях, оценивать возможную эффективность систем контроля при облове концентраций промысловых объектов с учетом параметров орудий лова и характеристик облавливаемых



скоплений. Результаты работы можно использовать в учебном процессе ВУЗов рыбного хозяйства.

**Реализация работы.** Результаты работы и предложенные устройства использованы и реализованы при разработке гидроакустического комплекса "Сарган", рыболокаторной станции кругового обзора "Угорь" и комплекса "Таймень", систем контроля трала ИГЭК, "Прицел", СКОЛ, СКОЛ-1500(2000Р), аппаратуры контроля степени наполнения трала "Оберон", "Эридан". Реальный экономический эффект от внедрения аппаратуры "Эридан", подтвержденный соответствующими актами судовладельцев, составил более 5 млн. рублей (в ценах 90г.). Материалы работы широко используются в учебных заведениях рыбного хозяйства при подготовке и повышении квалификации специалистов: судоводителей, по промышленному рыболовству и др.

**Апробация работы и публикации.** Основные положения и результаты работы докладывались на 5-й Всесоюзной конференции по рыбопоисковой технике (г. Таганрог, 1976), на международных симпозиумах в Рейкьявике (1971), Ленинграде (1980), Сент-Джонсе (Канада, 1988), Санкт-Петербурге (1993), на Всесоюзном совещании "Приборы поиска рыбы и контроля орудий лова" (Калининград, 1981), на совместных коллоквиумах лабораторий промышленного рыболовства и промысловой гидроакустики ВНИРО. По теме диссертации опубликовано более 70 работ, в том числе 4 монографии и получено 24 авторских свидетельства на изобретение.

**Личный вклад автора.** В диссертацию вошли исследования, проведенные автором или под его руководством за 31 год его деятельности в области промысловой гидроакустики, в том числе в период зарождения, развития и последующего широкого применения на промысле нового класса техники для промысла траловых средств дистанционного контроля процессов разноглубинного тралового лова на рыбопромысловом флоте.

**Объем работы.** Диссертация состоит из введения, семи глав и заключе-  
Снаименований  
 ния. Она изложена на 394 стр., содержит 94 рис., библиография из 256

## Содержание работы

Во введении дан краткий исторический очерк становления и развития направления дистанционного контроля процессов разноглубинного тралового лова, обоснована актуальность темы диссертации, определены цели и задачи исследований.

В главе I рассмотрены задачи средств дистанционного контроля и оценка их эффективности. Возможны два способа прицельного разноглубинного траления: в первом случае судно с тралом проходит над косяком или скоплением, а во втором - траулер проходит в стороне от скопления и устье трала непосредственно наводится на рыбу.

В первой ситуации технологический процесс разноглубинного траления может быть разделен на следующие этапы, каждый из которых характеризуется определенной спецификой требуемого информационного обеспечения от средств подводного наблюдения и контроля: 1) поиск промысловых скоплений объектов лова; 2) выбор концентраций, пригодных, целесообразных и возможных для облова данным судном с его промысловым вооружением и возможностями; 3) наведение судна на обнаруженные стаи (косяки) и скопления (в зависимости от характера скоплений, к примеру, в случае достаточно разреженных и протяженных концентраций объектов лова, при недостаточном опыте и квалификации операторов в применении рыболокаторной аппаратуры горизонтального действия, при значительных глубинах траления и др. указанный этап отсутствует и наведение судна на рыбу не производится); 4) проход судна над объектами лова; 5) наведение трала на объекты лова; 6) оценка результата наведения трала на рыбу, при необходимости и возможности корректировка его положения; 7) оценка поведения рыбы в зоне трала и его устья; 8) оценка хода траления; 9) оценка результатов процесса траления; 10) выборка трала.

Во второй ситуации этап 4) отсутствует, этапы 3), 5) в определенной степени объединяются в один, который может быть разделен на две стадии - первая до момента подхода судна на минимальную дистанцию до рыбы (по траверсу) и вторая - от этого момента до подхода трала к косяку.



Следует отметить, что в настоящее время практическое распространение имеет лишь метод разноглубинных тралений, при котором судно в процессе траления проходит над стаей (косяком) или скоплением рыбы.

С учетом изложенного могут быть определены задачи, которые должны решаться с помощью средств дистанционного контроля процессов разноглубинного тралового лова. Поиск, обнаружение рыбы относятся к общим задачам, решаемым с помощью средств промысловой гидроакустики в рыболовстве независимо от видов лова. Эти вопросы, в том числе расшифровка и оценка показаний рыбопоисковых приборов, достаточно подробно рассмотрены в обобщающей диссертационной работе К.И. Юданова (1988).

Информационное обеспечение выполнения остальных этапов непосредственно осуществляется с помощью средств дистанционного контроля процессов разноглубинных тралений и в общем случае может быть разделено на следующие стадии:

1. Определение параметров, характеристик и относительная количественная оценка обнаруженных концентраций (вертикальной и горизонтальной протяженности, глубины нахождения, характеристик перемещения, размерного состава и относительной плотности) с целью выбора скоплений, пригодных, целесообразных и возможных для облова. Пригодность для облова оценивается исходя из данных о размерном и видовом составе объектов, целесообразность облова данной рыболовной системой – исходя из биомассы объектов соответствующих размеров и вида, т.е. размеров скоплений стай (косяков) и плотности их концентрации, а возможность – на основании информации о поведении объектов, о подводных течениях и др. факторах.
2. Слежение за выбранными объектами, определение их положения и поведения относительно судна и траловой системы, а также положения трала относительно объектов лова для наведения судна и трала на рыбу.
3. Контроль результата наведения трала на стаи (косяки) и скопления.
4. Контроль рыбы и ее поведения в устье трала.
5. Контроль хода траления – характера прохождения объектов лова от устья к мешку трала и их поведения в пределах трала.

6. Контроль результатов траления – степени и характера наполнения тралового мешка рыбой.

7. Измерение и контроль параметров траловой системы (вертикального, горизонтального раскрытия трала, его симметрии-перекоса, расстояния между траловыми досками, их положения относительно верхней подборы, разности длины вытравленных ваеров и др., в основном, характеристик, которые могут изменяться в ходе траления в результате воздействия внешних факторов и среды, например, скорости судна, течений и т.д., и могут корректироваться во время траления или сразу после выборки).

Укрупненно указанную информацию можно разделить на следующие блоки: – определение положения трала и объектов лова; – контроль поведения объектов в процессе траления; – измерение и контроль параметров трала и траловой системы; – определение степени наполнения трала.

Информационное обеспечение первых четырех этапов процесса разноглубинного траления для первой из вышеуказанных ситуаций и трех для второй осуществляется с помощью бортовых средств промысловой гидроакустики – рыболокаторов горизонтального и вертикального действия.

При выполнении остальных этапов уже используется и информация траловых систем средств дистанционного контроля, вначале вместе с данными бортовой аппаратуры, а затем, при выполнении этапов 6, 7, 8, 9, информационное обеспечение траления полностью переходит к подсистеме контроля трала и обстановки в зоне его действия.

При облове достаточно протяженных концентраций промысловых объектов, скоплений в виде слоев, при лове на больших глубинах горизонтальная локация большей частью неэффективна и для реализации первых 4<sup>X</sup> этапов технологического процесса тралового лова, как правило, используется лишь вертикальная локация (третий этап при этом отсутствует).

При способе траления без прохода судна над рыбой осуществляется слежение за облавливаемыми объектами с помощью аппаратуры горизонтальной локации, производится уточнение их параметров и местонахождения, особенно в вертикальной плоскости при нахождении рыбы на ми-



нимальной дистанции от судна (на траверзе), когда горизонт расположения стаи (косяка) может быть определен с минимальной погрешностью.

Осуществление эффективного информационного обеспечения при выполнении указанных задач является определяющим фактором успешной работы траулера.

Правильный выбор направлений развития и совершенствования средств дистанционного контроля процессов разноглубинного тралового лова, обоснование их параметров и характеристик возможен лишь на основе объективного анализа эффективности приборов при выполнении ими задач информационного обеспечения и оценке вклада, который могут внести введенные усовершенствования в повышение эффективности аппаратуры при решении соответствующих задач в ходе траления.

Нами предложена методика оценки эффективности средств дистанционного контроля процессов разноглубинного тралового лова по степени соответствия их характеристик и параметров задачам, выполняемым с помощью указанной техники при промысловой работе траулера.

В соответствии с этим потенциальная техническая эффективность (качество),  $K_{эф}$ , аппаратуры выражается в виде суммы ее частных эффективностей с учетом их значимости

$$K_{эф} = K_{K_1}^X K_{зн_1}^+ + K_{K_2}^X K_{зн_2}^+ + \dots + K_{K_n}^X K_{зн_n}^+ + \dots + K_{K_n}^X K_{зн_n}^+ = \sum_{n=1}^n K_{K_1}^X K_{зн_1}^+, \quad (I)$$

где  $K_{K_1}$  - коэффициент качества по 1-му параметру, т.е. по 1-й выполняемой задаче (например, по наведению трала на рыбу, контролю результата наведения, контролю за рыбой в устье трала и др.);

$K_{зн_1}^-$  - переменный индекс значимости, или весомости соответствующего параметра.

В перечень вышеуказанных коэффициентов (показателей) качества по задачам, выполняемым средствами дистанционного контроля, должны входить и показатели, характеризующие аппаратуру в части удобства работы с ней оператора и восприятия получаемой информации (например, качество и наглядность отображения получаемых данных), так как они оказывают влияние (иногда существенное) на конечные результаты, полу-

чаемые от применения аппаратуры.

Введение переменных коэффициентов весомости обусловлено тем, что в различных реальных ситуациях разноглубинного тралового лова одни и те же задачи, решение которых обеспечивается с помощью средств дистанционного контроля, могут иметь разную значимость, или важность.

Большая часть коэффициентов качества,  $K_{K_1}$ , может быть определена аналитическими методами. Для определения некоторых коэффициентов качества, например, по наглядности отображения подводной информации, может использоваться метод экспертных оценок. Величины переменных коэффициентов весомости, определяемые значимостью выполнения аппаратурой  $i$ -й задачи в различных ситуациях лова, для конкретных методов, условий траления и объектов промысла могут устанавливаться или определяться также с помощью метода экспертных оценок.

Данным способом может быть выполнена комплексная оценка эффективности конкретного типа средств контроля применительно к определенным условиям их применения на траловом лове. Соответственно, таким методом можно объективно сравнивать и различного вида аппаратуру контроля, в том числе и предназначенную для использования на разных типах траулера (малых, средних и крупных). Она может оказаться близкой по своей общей эффективности с точки зрения связи с различными условиями лова.

Указанная методика уже используется в практике исследований по созданию новой приборной техники для промысловых судов, что, к примеру, можно видеть в диссертационной работе А.Н.Шибкова (1985).

В главе 2 рассматривается информационное обеспечение выбора скоплений и стаи (косяков) для последующего облова. Указанная задача - оценка обнаруживаемых концентраций для принятия решения об их облове - стояла перед операторами гидроакустических средств подводного наблюдения практически уже с начала их внедрения на рыболовных судах. Это обусловлено тем, что данные средства предназначены для поиска промысловых объектов, т.е. достаточных для получения необходимых уловов данным типом судна с его орудиями лова.



Оценка пригодности для облова производится по показаниям регистраторов и индикаторов бортовой локационной аппаратуры на основании имеющегося у операторов опыта работы с ней. Повышению достоверности и качества оценки показаний способствовало и совершенствование рыбо-локационной техники, в частности, введение многоцветного отображения.

Тем не менее возможности более объективной и оперативной оценки пригодности обнаруженных объектов для облова появились только с созданием в последние годы специальной аппаратуры определения размерного состава скоплений в реальном масштабе времени (основанной на так называемых методах "двойного", "расщепленного" луча или выполненной на базе акустической антенны с плоской вершиной луча).

В связи со сравнительно небольшой зоной действия такой аппаратуры она характеризуется относительно невысокой оперативностью получения конечных результатов. В реальных условиях промысла это может приводить к увеличению времени оценки или снижению ее достоверности.

Большую производительность и оперативность можно обеспечить при применении разработанного с участием автора метода определения размерного состава с использованием электронно-сканирующей аппаратуры секторного обзора в плоскости, перпендикулярной направлению движения судна с одновременным излучением в широком секторе и сканировании узкой приемной характеристики в пределах сектора излучения. Получаемая гистограмма распределения размерного состава обнаруженных объектов воспроизводится на индикаторе или регистраторе. При практическом использовании на промысловых судах производится уточнение этой информации по результатам тралений, т.е. своего рода градуировка аппаратуры по данным облова скоплений.

Для помощи в определении целесообразности облова необходимо введение в бортовую локационную аппаратуру устройств относительной количественной оценки обнаруживаемых концентраций (в пределах слоя, ширина которого выбирается равной вертикальному раскрытию трала). По результатам ряда обловов объектов в слое судоводитель устанавливает

зависимость между данными относительной оценки и уловами, т.е. проводит своего рода "градуировку" аппаратуры применительно к работе своей рыболовной системы в данном районе промысла.

Для более объективной оценки целесообразности облова (и обеспечения далее наведения) необходимо также иметь данные о размерах обнаруживаемых скоплений. С помощью обычной судовой локационной аппаратуры обеспечивается автоматическая регистрация вертикальных протяженностей скоплений и их горизонтальные размеры по ходу движения судна.

Для определения горизонтальных размеров скоплений и стай (косяков) в поперечной плоскости и их автоматической регистрации и отображения нами предложено устройство "панорамной" записи в электронно-сканирующих рыболокаторах одновременного кругового и крупносекторного обзора, признанное изобретением.

С целью обеспечения автоматической регистрации горизонтальных размеров скоплений в поперечной плоскости нами предложены также способы и принципы построения соответствующих устройств для других типов локационной аппаратуры путем дополнения рыболокаторов вертикального действия трактами траверзного обзора правого и левого борта со стационарными и наклоняемыми в небольших пределах акустическими антеннами, введения устройств "панорамной" записи в многоканальные рыболокаторы вертикального действия со сканированием характеристик в поперечной плоскости, а также устройств для отдельной регистрации/индикации эхосигналов с траверзных направлений в электронно-сканирующей локационной аппаратуре кругового обзора.

Для определения возможности облова обнаруженных скоплений и стай (косяков) еще до недавнего времени требовался большой опыт в работе с локационной аппаратурой горизонтального действия. В последние годы возможности оперативной оценки поведения рыбы значительно улучшились в связи с появлением на промысловых судах рыболокаторов одновременного кругового и крупносекторного обзора. В последних зарубежных моделях указанной аппаратуры обязательными являются устройства полуав-



томатического измерения скорости и направления перемещения выбранной стаи (косяка). Нами предложены устройства автоматического сопровождения выбранной цели для облегчения решения указанной задачи, признанные изобретениями. Дистанционное определение скорости и направления течений обеспечивается с помощью гидроакустических доплеровских систем. В результате достаточно оперативно может быть получена информация для оценки возможности облова обнаруженных скоплений.

В главах 3, 4 рассматривается информационное обеспечение наведения трала на объекты лова. Это одна из основных задач, решаемых средствами дистанционного контроля в процессе разноглубинного траления.

При решении задачи наведения трала на объекты лова в процессе разноглубинного траления они укрупненно могут быть разделены на три группы: малоподвижные (неподвижные) скопления, подвижные концентрации в виде "полей", слоев и подвижные отдельные стаи (косяки) или группы локальных стай (косяков). Подобное деление отражает и практику промышленного рыболовства.

Глава 3 посвящена наведению трала на малоподвижные объекты лова.

Наведение траловой системы на скопления малоподвижных объектов производится, как правило, по данным рыболокатора вертикального действия, с помощью которого определяется положение центра скопления по вертикали, его вертикальная протяженность, положение верхней кромки скопления, и траловых систем дистанционного контроля положения трала.

Вследствие наличия погрешностей определения глубины расположения центров скопления и устья трала, а также их местонахождения относительно диаметральной плоскости судна в момент подхода трала к скоплению имеет место зона неопределенности в оценке относительного положения рыбы и трала в вертикальной (H) и горизонтальной (L) плоскостях. От величины зоны  $H \times L$  зависит возможная эффективность наведения.

Проведенный нами анализ показывает, что при выполнении условий

$$H \geq (N_{ск} + N_{вр})/2 \quad \text{и} \quad l_{ск}/2 \quad (\text{или} \quad H_{гр}/2) \geq L \quad \text{или} \quad (2)$$

$$L \geq (l_{ск} + N_{вр})/2 \quad \text{и} \quad N_{вр}/2 \quad (\text{или} \quad H_{ск}/2) \geq H \quad (3)$$

ситуации наведения устья на рыбу, соответственно, в вертикальной и горизонтальной плоскостях могут быть приведены к линейным ( $N_{ск}, l_{ск}$  - вертикальная и, соответственно, горизонтальная протяженность скопления,  $N_{вр}, H_{гр}$  - вертикальное и горизонтальное раскрытие трала).

Для оценки эффективности наведения при выполнении условий (2) или (3) был принят (вслед за Кадильниковым Ю.В., 1973) вероятностный критерий попадания хотя бы одной рыбы из  $N_{ск}(l_{ск})$  скопления к устью трала. С использованием понятия геометрической вероятности суммы двух совместных, но независимых событий, нами получены аналитические выражения для определения коэффициентов эффективности наведения в вертикальной ( $k_{эф.н.в}$ ) и горизонтальной ( $k_{эф.н.г}$ ) плоскостях в зависимости от  $H, L, N_{ск}, l_{ск}, N_{вр}$  и  $H_{гр}$  при различных соотношениях между ними. Например, выражение для  $k_{эф.н.г}$  при  $l_{ск}$  и  $H_{гр} < L$  имеет вид

$$k_{эф.н.г} \approx \frac{L \{ L^2 (l_{ск} + H_{гр}) - l_{ск} H_{гр} [L - 0,25(l_{ск} + H_{гр})] \}}{L + 0,25L (l_{ск} + H_{гр}) + 0,0625 l_{ск} H_{гр}} \quad (4)$$

В остальных случаях в момент подхода устья трала к скоплению имеют место плоскостные ситуации и для оценки эффективности наведения принимаем вероятностный критерий попадания к площади устья хотя бы одной рыбы из площади максимального поперечного сечения скопления. По результатам проведенного анализа литературных данных форму поперечного сечения большинства малоподвижных скоплений полагаем близкой к овальной. Тогда получаем, что для плоскостных ситуаций при  $(N_{ск} + N_{вр})/2 \geq H$  и  $(l_{ск} + H_{гр})/2 \geq L$  коэффициент эффективности наведения ( $k_{эф.н}$ ) может определяться по формулам, полученным для линейной ситуации наведения в горизонтальной плоскости. При  $(l_{ск} + H_{гр})/2 > L$  и  $(N_{вр} + N_{ск})/2 < H$  он будет определяться соотношением

$$\frac{l_{ск} + H_{гр}}{H} \left( \frac{N_{вр} + N_{ск}}{2} + \frac{0,0541 l_{ск} H_{ск}}{L} \right), \quad \text{а} \quad (5)$$

при  $(l_{ск} + H_{гр})/2 < L$  и  $(N_{ск} + N_{вр})/2 < H$  выражение для  $k_{эф.н}$  может быть записано в виде



$$K_{\text{эф.н.}} = K_{\text{эф.н.}} \cdot 1 \cdot \frac{1}{H} \left( \frac{H_{\text{вр}} + H_{\text{ск}}}{2} + \frac{0,0541 H_{\text{ск}} H_{\text{ск}}}{L} \right). \quad (6)$$

Выполненный анализ погрешностей используемых в настоящее время на большинстве траулеров средств дистанционного контроля, определяющих величину зоны неопределенности ( $H$  и  $L$ ) оценки относительного положения центров скопления и устья трала, свидетельствует, что их величина может быть значительной, особенно при тралениях на больших глубинах (к примеру, при глубине 1000 м может быть  $H > 100$ ,  $L > 300$ , при глубине 1500 м  $H \approx 160$ ,  $L \approx 500$ ). Это приводит к низкой эффективности наведения даже при применении крупногабаритных тралов (рис. 1).

Рациональным методом снижения ошибок наведения является предложенный нами метод практического исключения влияния приборных погрешностей рыболокатора и тралового зонда эхолотного типа, основанный на регистрации их эхолотных данных на общем устройстве с крупномасштабным отображением (последнее для снижения погрешностей отсчета).

Для реализации указанного метода нами были проработаны и предложены устройства записи данных системы контроля трала на обычном регистраторе/индикаторе рыболокатора и устройства для крупномасштабной записи/отображения данных системы контроля трала с эхолотными датчиками независимо от диапазонов их работы (признаны изобретениями).

В этом случае величина  $H$  будет определяться практически только погрешностью оценки глубины центра скопления, обусловленной неопределенностью его положения в зоне действия рыболокатора. В результате может быть обеспечено получение величины зоны неопределенности  $H$  в вертикальной плоскости, не превышающей 20 м до глубины 1000 м и 35 м до 2000 м (при ширине  $\alpha$  зоны действия аппаратуры вертикальной локализации порядка  $20^\circ$ ), а при более узких стабилизированных характеристиках направленности — не более 10–15 м практически во всем диапазоне глубин  $h$  современного разноглубинного тралового лова до 2000 м.

Анализ зависимостей  $K_{\text{эф.н.}}$  от величины угла  $\beta$  (отклонения центра устья трала от диаметра) при разных  $h$ ,  $l_{\text{ск}}$ ,  $H_{\text{ск}}$  и др. для ситуаций

применения типичных рыболокаторов с  $\alpha = 20^\circ$  и различных типов средств измерения горизонта хода трала показывает, что при предложенном выше методе снижения влияния приборных погрешностей может быть обеспечено более эффективное наведение (см. рис. 1). В качестве нижнего граничного значения, удовлетворяющего требованиям эффективного разноглубинного траления, принято значение вероятностного критерия  $K_{\text{эф.н.}} = 0,5$  (аналогично принятому в работах Ю. В. Кадильникова, 1978 и В. К. Саврасова, 77). Если при тралениях на глубинах до 600 м значения  $K_{\text{эф.н.}} \geq 0,5$  могут быть достигнуты еще при использовании полностью отдельных рыболокатора и тралового зонда, то при увеличении глубин траления (см. рис. 1) для обеспечения эффективного наведения необходимо обязательное применение предложенных методов и устройств. В последнем случае при тралениях на меньших глубинах те же самые значения  $K_{\text{эф.н.}}$  могут быть достигнуты при меньших  $H_{\text{вр}}$  (при прочих неизменных условиях)

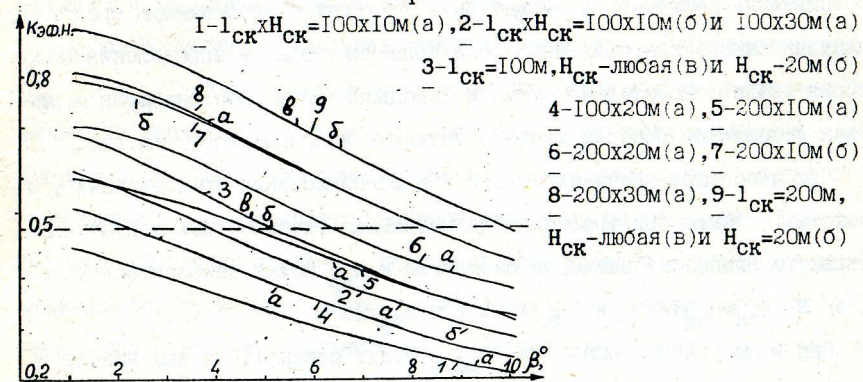


Рис. 1. Графики зависимости  $K_{\text{эф.н.}}$  от  $\beta$  при  $h = 1000$  м, дистанции между судном и тралом  $l = 2500$  м,  $H_{\text{тр}} = 70$  м,  $H_{\text{вр}} = 55$  м,  $\alpha/2 = 10^\circ$  и разных  $l_{\text{ск}}$  и  $H_{\text{ск}}$  (а — траловый зонд с манометрическим датчиком, б — с эхолотным датчиком и разными устройствами отображения, в — с эхолотным и общими устройствами отображения при крупномасштабной регистрации).

При использовании предложенных методов и современных крупногабаритных тралов может обеспечиваться выполнение условия  $H_{\text{вр}}/2 > H$  в широком диапазоне глубин траления (до 2000 м). В этом случае эффектив-



ность наведения будет определяться лишь величиной  $L$ . Например (рис. 2) для скоплений с  $l_{СК}$  (в поперечной плоскости), равной 100м, с помощью обычных рыболокаторов возможно обеспечение эффективного наведения при тралении на глубине 600м (при  $l_B=1500м$ ), если величина угла  $\beta$  не превышает  $10^\circ$ , на глубине  $\approx 1000м$  (при  $l_B=2500м$ ) — лишь при  $\beta$  не  $>5^\circ$  и т. д.

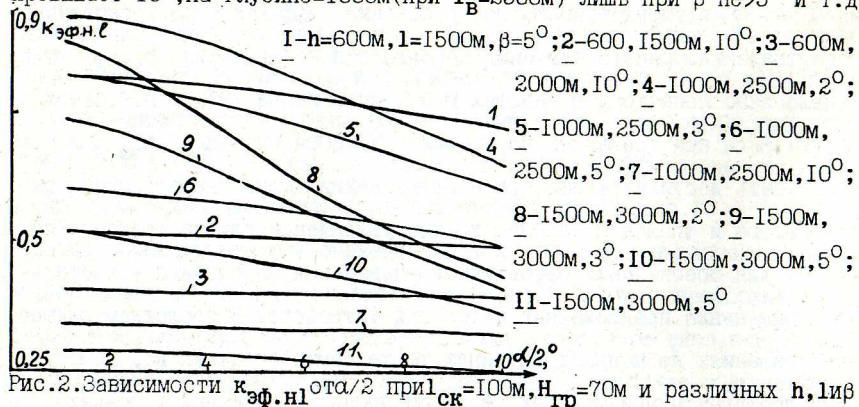


Рис. 2. Зависимости  $k_{эф.н.1}$  от  $\alpha/2$  при  $l_{СК}=100м$ ,  $H_{ГР}=70м$  и различных  $h$ , и  $l_B$

Снижение величины  $L$  может быть достигнуто введением в средства дистанционного контроля процессов тралений трактов определения положения трала относительно судна и использованием рыболокаторов с узкими стабилизированными характеристиками направленности (см. рис. 2).

При небольших значениях  $\alpha/2$  и  $\beta$  и использовании предложенных устройств, а также при тралениях на небольших глубинах для достаточно широкого диапазона размеров скоплений и  $H_{ВР}$  может выполняться условие  $N < (H_{СК} + H_{ВР})/2$  при  $l_{СК}/2 > L$  или  $H_{ГР}/2 > L$ . (7)

При этом условии значения  $k_{эф.н.}$  будут равны 1, однако диапазон возможных результатов каждого из конкретных процессов наведения также является весьма широким. При вероятностном критерии  $k_{эф.н.} = 1$  кустью может попасть одна рыба, две,  $n$  рыб и даже скопление полностью.

В указанных ситуациях для оценки эффективности наведения целесообразно принять более определенный показатель. В качестве критерия оценки эффективности наведения по вертикали при выполнении условия (7) нами предложен коэффициент  $k_{эф.н.н'}$ , определяющий ту часть вертикальной протяженности  $H_{СК}$  скопления, не менее которой может попасть к

устью при известных погрешностях приборов, размерах скопления и  $H_{ВР}$  трала. Получены выражения для его определения. Подобный показатель,  $k_{эф.н.1}$ , предложен и для оценки эффективности наведения в горизонтальной плоскости, когда  $L < (H_{ГР} + l_{СК})/2$  при  $H_{ВР}/2 > N$ . Реальность таких ситуаций обусловлена тем, что горизонтальные протяженности  $l_{СК}$  скоплений часто имеют значительную величину.

С помощью полученных выражений для  $k_{эф.н.}$ ,  $k_{эф.н.}$  может быть произведена оценка эффективности средств дистанционного контроля по обеспечению наведения, а также решаться обратная задача — по заданным коэффициентам эффективности наведения определяться требования к аппаратуре. В работе приведены расчеты указанных коэффициентов для ряда случаев применения аппаратуры типа ХАГ, Кальмар, Прибой-101, ИГЭК-М, Игла при тралениях скоплений различных объектов в районах промысла северо-восточной Атлантики (зимующая ставрида, макрорус), Антарктики (криль) и др. Значения  $k_{эф.н.}$  изменялись от 1 до 0,2 ( $k_{эф.н.}$  — от 0,85 до 0,5) и менее.

Наиболее неопределенной величиной из параметров в выражениях для  $k_{эф.н.}$  и  $k_{эф.н.}$  являются размеры косяков (скоплений) в перпендикулярной плоскости. Данная задача решается при применении предложенных (см. гл. 2) методов, устройств "панорамной" записи, трактов траверзного обзора.

В главе 4 рассматриваются вопросы наведения на подвижные объекты. При разноглубинных тралениях подвижных стай (косяков) и скоплений промысловых объектов имеют место значительно более сложные ситуации. Такие обычно подвижные объекты, как скумбрия, ставрида, сельдь и др., в вечернее и ночное время, поднимаясь в верхние слои воды, рассредотачиваются и образуют концентрации в виде слоев, "дорожек" и др. В связи с большими горизонтальными протяженностями подобных скоплений изменение их положения под влиянием системы судно-трал проявляется "условно", в основном, в "зануривании". С точки зрения обеспечения наведения (и особенностей информационного обеспечения) их можно характеризовать как слои, поля, опускающиеся после прохода над ними судна. В дневное время те же самые объекты концентрируются в более компакт-



ные локальные стаи (косяки) и группы отдельных стай, значительно более активно реагирующие на возбуждающие воздействия. В этом случае даже при отсутствии погрешностей у средств дистанционного контроля не гарантируется возможность обеспечения наведения устья трала на рыбу.

Степень влияния судна на поведение стай (косяков) рыбы зависит от вида объектов, их физиологического состояния, размера или возраста и др. факторов и, соответственно, глубины их нахождения, а также приспособляемости к внешним воздействиям, в том числе и в процессе промысла.

С промысловой точки зрения успех тралений подвижных стай (косяков) большей частью обуславливается попаданием к площади устья трала центра плотности стаи (косяка), называемого иногда ядром. В противном случае вследствие явления стайности основная масса рыб часто оказывается вне зоны трала и траление будет малорезультативным.

Поэтому при анализе влияния средств дистанционного контроля на эффективность наведения подвижные стаи (косяки) принимались нами за материальные точки, совпадающие с центром плотности стаи (косяка), а для второй ситуации, когда подвижные концентрации имеют вид поля или слоя небольших стай, процесс рассматривался как наведение на центр вертикальной протяженности слоя или поля.

Результаты экспериментальных исследований и подводных наблюдений свидетельствуют о том, что стаи (косяки) подвижных рыб при прохождении судна с тралом в общем случае уходят в сторону и заглубляются в более глубокие слои. Это подтверждается и нашими наблюдениями при работе в районах ЮВТО, ЮЗТО в рейсе 89-90г. Большая часть стай (косяков) уходила от судна, перемещаясь не только вниз, но и в сторону от трала.

Таким образом, при анализе влияния средств дистанционного контроля на эффективность наведения практический интерес представляют ситуации равновероятного перемещения объектов лова во всех направлениях нижней полусферы от места первоначального их нахождения в момент обнаружения под килем судна (для стай-косяков), перемещения скоплений вблизи диаметральной плоскости судна (для концентраций в виде

слоев, полей), в том числе при ограничениях возможных перемещений объектов лова, а также несколько более частный случай перемещения стай (косяков) только в горизонтальной плоскости в связи с тем, что имеются некоторые виды рыб, например, скумбрия, которые не уходят в более глубокие слои воды при наличии там температурных скачков.

Проведенный с использованием вероятностных расчетов анализ показывает, что при наиболее распространенном в настоящее время на наших судах методе траления по данным бортовых и траловых средств вертикальной локации вероятности попадания стаи (косяка) к площади устья оказываются невысокими даже при средних скоростях ( $v_p$ ) перемещения рыбы порядка 2,5-3 узл. Так при  $H_{вр}$  или  $H_{тр}=60м$  и  $l_{тт}=500-1000м$   $P_{кд}=0,3-0,1$ ,  $P_{кг}=0,15-0,05$ , при  $H_{вр} \times H_{тр} = 60-120м$  и  $l_{тт}=500-1000м$   $P_{к.пш.} < 0,1$  - рис. 3, 4 ( $l_{тт}$  - дистанция от трала до судна по горизонту,  $P_{кд}$ ,  $P_{кг}$ ,  $P_{к.пш.}$  - максимальные значения вероятности при равновероятных направлениях перемещения стай-косяков, соответственно, вблизи диаметрали, в горизонтальной плоскости и во всех плоскостях нижней полусферы).

Выполненный анализ свидетельствует, что для обеспечения эффективного наведения при облове протяженных подвижных скоплений в виде "полей", "слоев" требуется информация только о величине или скорости углубления объектов лова в период приближения к ним устья трала.

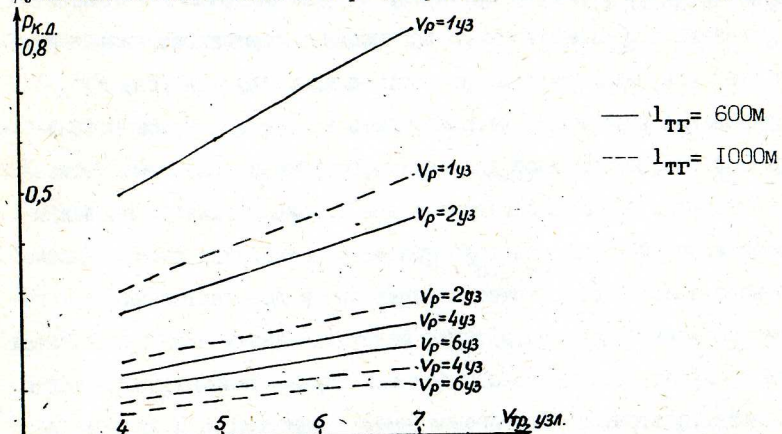


Рис. 3. Зависимость  $P_{кд}$  от скорости траления  $v_{тр}$  при разных  $v_p$  и  $l_{тт}$



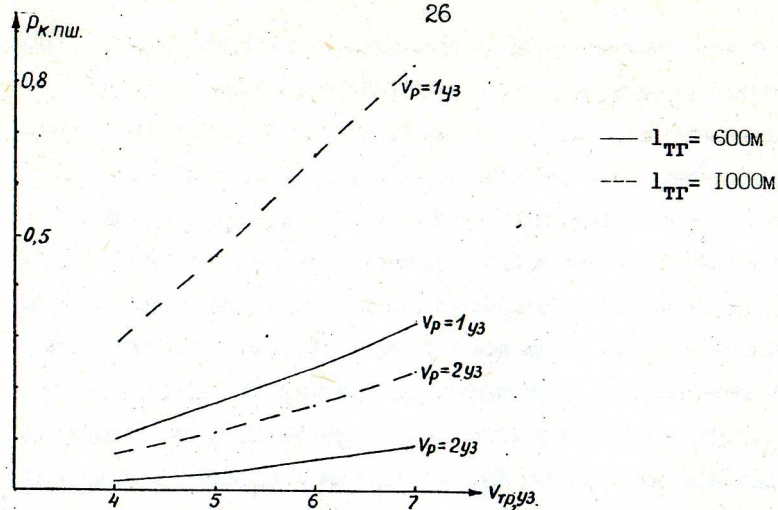


Рис. 4. Зависимость  $K_{п.э.пш.}$  от скорости траления  $v_{тp}$  при разных  $v_p$  и  $l_{тr}$

С использованием понятия геометрической вероятности нами получены выражения для определения коэффициента повышения эффективности наведения,  $K_{п.э.пш.} \Delta h_I$ , в зависимости от наличия данных о величине изменения глубины ( $\Delta h_I$ ) рыбы за временной интервал  $\Delta t_I < \Delta t$  (промежутка времени от фиксации объектов под судном до подхода устья трала к этой зоне) от момента начала регистрации ее под килем судна, в том числе для ситуаций наличия ограничений возможного перемещения объектов в вертикальной плоскости и с учетом дистанции  $\Delta r$  реакции рыбы на оснастку трала. Показано, что существенного повышения эффективности наведения можно достигнуть лишь при больших соотношениях  $\Delta h_I / v_p \Delta t$  (свыше 0,5).

Вышеуказанная информация не может быть получена с помощью обычной бортовой рыболокаторной аппаратуры, поэтому на практике промысловики пользуются данными соседних судов о «заныриваниях» с последующей корректировкой горизонта хода трала по показаниям рыбы в устье от тралового зонда. Это, естественно, приводит к дополнительным энергозатратам рыболовной системы, а также может сказываться на результатах тралений в случае сравнительно небольших горизонтальных протяженностей скоплений, поэтому целесообразно иметь возможность получения непосредственной, оперативной и достоверной информации о величине  $\Delta h_I$ .

Рациональное решение данной задачи может быть обеспечено следующими предлагаемыми нами методами: с помощью электронносканирующей аппаратуры при сканировании в диаметрали (или последовательной локации под несколькими углами) или моноимпульсного рыболокатора и автономных акустических приемопередатчиков-эхолокаторов-ретрансляторов, устанавливаемых на ваерах (с помощью быстросъемных устройств) и траловых досках, с лоцированием обстановки по вертикали на дистанциях порядка 100-150 м.

Наиболее оптимальным с эксплуатационной точки зрения представляется комбинированный метод определения изменения горизонта нахождения объектов лова после фиксации их под килем траулера, когда в зоне судна положение рыбы и скорость ее погружения оцениваются с помощью аппаратуры с электронным сканированием или последовательным лоцированием под разными углами в продольной плоскости, а уточнение этих характеристик в зоне трала производится с помощью приемопередатчиков-эхолокаторов-ретрансляторов, устанавливаемых на траловых досках.

В ситуациях равновероятных направлений перемещения рыбы во всех плоскостях нижней полусферы, т.е. при облове подвижных стай (косяков), наличие информации только о величине  $\Delta h_I$  не дает возможности обеспечить приемлемую эффективность наведения. Кроме того, получить в данном случае достаточно достоверную оценку  $\Delta h_I$  с помощью обычной аппаратуры вертикальной локации большей частью не представляется возможным.

В работе получены выражения для определения коэффициента повышения эффективности наведения в зависимости от наличия данных (от техники дистанционного контроля) об изменениях местоположения центра стаи (косяка) за вышеуказанный временной интервал  $\Delta t_I < \Delta t - K_{п.э.пш.} R'$ , и об изменениях только его глубины  $\Delta h_I - K_{п.э.пш.} \Delta h_I$ :

$$K_{п.э.пш.}(\Delta h_I) = \frac{2v_p^3 \Delta t^3 \sqrt{4v_p^2 \Delta t^2 - 4\Delta h_I (\Delta h_I + H_{вp} - 2\Delta r) - (H_{вp} - 2\Delta r)^2}}{(v_p \Delta t - \Delta h_I)^2 (2v_p \Delta t + \Delta h_I) \sqrt{4v_p^2 \Delta t^2 - (H_{вp} - 2\Delta r)^2}}; \quad (8)$$



$$K_{п.э.пш.}(R') = \frac{\Delta t^3}{(\Delta t - \Delta t_I)^3} \sqrt{\frac{4v_p^2 (\Delta t - \Delta t_I)^2 - (H_{вп} - 2\Delta r)^2}{4v_p \Delta t - (H_{вп} - 2\Delta r)^2}} \quad (9)$$

Примеры полученных зависимостей приведены на рис.5.

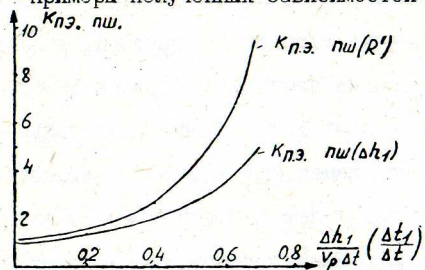


Рис.5. Графики зависимости  $K_{п.э.пш.}$  от отношений  $\frac{\Delta h_I}{v_p \Delta t} (\frac{\Delta t_I}{\Delta t})$

Анализ кривых приводит к выводу, что при наличии данных о промежуточных местоположениях стаи (косяка) можно обеспечить более эффективное наведение. Однако существенного повышения эффективности можно достигнуть лишь при больших значениях соотношения  $\Delta t_I / \Delta t$  (см. рис.5). При этом необходима также и информация о положении трала.

Проведенные экспериментальные исследования работы электронносканирующих гидролокаторов кругового обзора в различных районах промысла, в том числе непосредственно автором в районах ЮВТО, ЮЗТО в 89–90г. г., показывают, что современная рыболокаторная аппаратура позволяет осуществлять слежение за обнаруженными объектами в кормовой зоне на дистанциях до 1200–1500м от судна, достаточно оперативно определять их положение и параметры, скорость и направление перемещения и др. Для получения данных о положении трала в последние годы были разработаны специальные акустические системы определения его местоположения относительно судна в процессе траления (ITI-Simrad, в комплексе ICTF-Furuno). Заканчивается разработка подобной отечественной системы СОПТ. Проведенный анализ однако показывает, что общая погрешность определения положения трала относительно стаи (косяков) рыбы с помощью указанных средств оказывается весьма значительной (достигает сотен метров).

Нами предложен другой метод, позволяющий существенно повысить точность определения положения трала относительно стаи (косяков) рыбы и упростить устройства, его реализующие.

Это достигается тем, что определение положения трала относительно стаи (косяков) рыбы производится посредством одновременного с локацией рыбы лоцирования бортовым рыболокатором горизонтального действия одного или двух акустических отражателей или приемо-ответчиков, установленных на подборе трала или траловых досках, с непосредственным отображением принятых с трала или траловых досок сигналов на дисплее рыболокатора одновременно с эхосигналами от объектов.

В связи с тем, что положение как стаи (косяков), так и приемо-ответчиков (отражателей) определяется с помощью одного и того же рыболокатора, погрешности метода измерения и приборные погрешности аппаратуры практически компенсируются. В результате погрешность оценки положения трала по отношению к объектам лова будет определяться практически только погрешностями отсчета и иметь незначительную величину.

Использование предложенного метода открывает реальную возможность обеспечения эффективного наведения трала на стаи (косяки) без прохождения над ними траулера, т.е. при значительно меньшем влиянии физических полей, создаваемых судном, на поведение рыбы, что весьма существенно при облове подвижных стаи (косяков).

Экспериментальные исследования, проведенные нами в промысловых районах ЮВТО, ЮЗТО с использованием аппаратуры CSH-20H (24кГц), показали, что с помощью предложенного метода может обеспечиваться качественная и надежная оценка относительного положения стаи (косяков) и трала в горизонтальной плоскости.

В ближней зоне трала возможности такого наблюдения, как правило, недостаточны для определения фактического положения и поведения рыбы относительно устья трала вследствие невысокой угловой разрешающей способности рыболокаторов при обычно больших дистанциях от судна до трала, некоторой маскировки "рыбных" эхосигналов отражениями от



траловой системы, дна, рефракции акустических лучей и т.д. Так, практически невозможно определить, попадет ли стая (косяк), оказавшаяся в зоне между траловыми досками, в трал или же она окажется под ним.

Для устранения указанной зоны неопределенности и обеспечения более эффективного наведения на этой завершающей стадии нами предложен метод последовательной локации с трала пространства перед устьем в двух пересекающихся зонах (шириной по горизонту  $\sim 45-60^\circ$  и по вертикали  $\sim 20-30^\circ$ ). Если при приближении трала стая фиксируется в обеих зонах, то она попадет в устье трала, если же только во второй-нижней, то необходимо заглубить трал, чтобы рыба не оказалась под устьем.

Дополнительный контроль за рыбой в ближней зоне трала может быть обеспечен посредством дистанционной локации обстановки между траловыми досками по запускающим сигналам с центрального подводного тралового блока, установленного на верхней подборе трала, или с борта судна. Экспериментальная проверка возможности локации указанной зоны, проведенная нами, подтвердила реальность данного метода контроля.

Глава 5 посвящена контролю результата наведения трала, поведения рыбы в устье, внутри трала, а также результатов траления - оценке степени наполнения мешка рыбой. Одна из важных задач средств дистанционного контроля - это получение данных о результатах наведения устья трала на рыбу с целью учета получаемых отклонений непосредственно во время облова данного скопления или нескольких близко расположенных стай (косяков), или же при следующих тралениях. Для этого они должны обеспечивать наблюдение за положением облавливаемых объектов относительно трала при приходе его в место предполагаемой встречи.

100%-ю вероятность обнаружения всех объектов в зоне устья можно получить, если зона обзора соответствующих средств будет охватывать все пространство в плоскости, проходящей через устье трала и  $1^{\text{II}}$  направлению его движения (как, к примеру, в аппаратуре FS 3300 - Simrad).

При этом однако существенно усложняется как подводная, так и бортовая части средств контроля, особенно в отношении устройств отобра-

жения, которые должны обеспечивать судоводителя наглядной информацией, легко воспринимаемой и интерпретируемой. Представляется желательным иметь более простые и рациональные решения, позволяющие в то же время обеспечивать достаточно эффективный контроль результата наведения.

Для оценки эффективности аппаратуры по контролю результатов наведения устья трала на рыбу нами введено понятие, - вероятностный коэффициент контролируемости  $k_{кр}$  подводной обстановки в районе трала. При характеристиках направленности применяемых в настоящее время на большинстве судов траловых зондов (с одним или двумя эхолотными датчиками верхнего и нижнего направления), обычно находящихся в пределах  $25-36^\circ$ , величина  $k_{кр}$  оказывается весьма низкой, порядка  $0,14 \pm 0,2$ .

Как было указано ранее, при проходе судна с тралом над рыбой в подавляющем большинстве случаев уход ее происходит в стороны и вниз от места первоначального положения. Поэтому зона наблюдения должна ограничиваться нижней полусферой, т.е. в поперечном сечении полукругом.

Проведенный анализ показал, что вполне эффективный контроль (с  $k_{кр} > 0,5$ ) результата наведения может быть осуществлен с помощью предложенного нами метода последовательного лоцирования обстановки с трала в трех направлениях: нижнего и правого и левого траверзных (последних с наклоном на половину ширины  $\alpha$  характеристики направленности).

С учетом того, что при разноглубинном траловом лове, как правило, облавливаются не отдельные рыбы, а стаи и скопления, т.е. не точечные, а распределенные объекты с определенными конечными размерами, всегда будет существовать зона, при нахождении в которой объекты будут фиксироваться с вероятностью, равной 1. Величина ее зависит от размера стаи (косяка). Для круглой формы сечения скопления диаметром  $d_{ск}$  радиус такой зоны,  $r_{гр}$ , определяется как  $r_{гр} = d_{ск} / 2 \operatorname{tg} (45 - 3/4\alpha)$ . (10)

Круглая форма сечения скопления в  $1^{\text{II}}$  плоскости, естественно, не является единственным вариантом возможных очертаний стай (косяков) рыбы. Распространенной можно полагать форму, близкую к эллиптической. Общим правилом в последнем случае является превышение горизонтальных разме-



ров над вертикальными. Граничными можно считать близкую к круглой форму сечения и в виде плоского слоя ограниченной протяженности. Проведенный анализ свидетельствует о сравнительно небольшом влиянии формы поперечного сечения скоплений на величину  $k_{кр}$  (в пределах до 15%).

С учетом изложенного нами получено следующее выражение для определения вероятностного коэффициента контролируемости  $k_{кр}$ :

$$k_{кр} = \frac{\alpha}{60} + \frac{d_{ск}^2}{\pi r^2 \operatorname{tg}(45 - 3/4\alpha)} \quad (II)$$

При выводе его принимались равновероятными положения стаи (косяка) в пределах нижней полусферы. Это в определенной степени подтверждается результатами проведенных нами экспериментальных исследований в районах ЮВТО, а также данными других исследователей по оценке вероятности попадания косяков, зафиксированных под судном, в устье трала.

Пользуясь соотношениями (I, II) при заданных величинах  $\alpha$  и  $r$  можно вначале определить, для каких размеров сечений скоплений  $k_{кр}$  будет равным I, а затем получить и  $k_{кр}$  для стай и косяков меньших размеров. При заданных значениях  $d_{ск}$  и  $\alpha$  можно вначале определить, при какой дистанции  $r$   $k_{кр}$  будет равным I, а далее и  $k_{кр}$  для больших расстояний  $r$  нахождения центра плотности косяка от тралового блока. С другой стороны, задаваясь значениями  $k_{кр}$  и средними размерами сечений скоплений, при проектировании можно обоснованно выбирать  $\alpha$  эхолотных датчиков.

На рис. 6 показаны графики изменения  $k_{кр}$  от  $r$  при  $\alpha = 20, 30, 45^\circ$  и различных диаметрах сечений стаи (косяка). Из них можно видеть, что с помощью предложенного метода может быть обеспечен достаточно эффективный контроль результатов наведения.

Экспериментальная проверка предложенного метода контроля результата наведения была нами проведена в промысловых районах ЮВТО, ЮЗТО. Было установлено, что при лоцировании в траверзных направлениях (при различных углах наклона до  $15-20^\circ$ ) эхосигналы от элементов трала не создают сильного маскирующего фона (обычно имеет место ряд регулярных отражений, по которым можно получать дополнительную информацию о

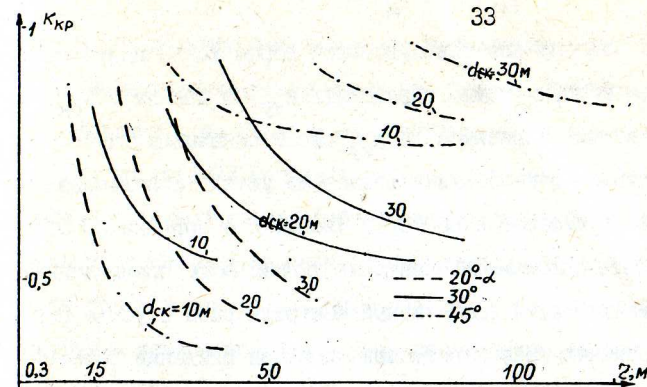


Рис. 6. Графики зависимости  $k_{кр}$  от  $r$  при различных  $d_{ск}$

трале, его работе). Обеспечивалась регистрация стай (косяков) рыбы в стороне от трала (не попавших в устье), оценка того, какая часть обнаруженного скопления попала в устье трала и какая осталась вне его.

Информационным обеспечением наведения трала на рыбу не заканчивается задача средств дистанционного контроля. Объективная оценка поведения рыбы в устье во многом может решить успех траления при облове целого ряда видов рыб, активно ведущих себя в этой зоне. Она выполняется обычно с помощью эхолотного датчика нижнего направления зонда.

Для оценки эффективности средств дистанционного контроля по выполнению этой задачи нами введено понятие, вероятностный коэффициент контролируемости рыбы в устье трала,  $k_{ку}$ . Получены выражения для определения  $k_{ку}$  при круглой и прямоугольной форме устья, в том числе с учетом дистанции реакции  $\Delta r$  рыбы на оснастку трала. С их помощью при известной или заданной ширине  $\alpha$  зоны действия эхолотного датчика можно определять  $k_{ку}$  в зависимости от размеров устья и стай (косяков), а также решать обратную задачу — по заданному  $k_{ку}$  определять  $\alpha$ .

Установлено, что при круглом устье форма поперечного сечения скопления не оказывает существенного влияния на величину  $k_{ку}$ . Когда сечение не имеет круглой формы и принимается во внимание горизонтальная протяженность скопления  $l_{ск}$ , при изменении  $\alpha$  от  $30$  до  $60^\circ$   $k_{ку}$  изменяется не более чем на 15%. При прямоугольной форме устья влияние формы стай (косяков) оказывается более значительным (при тех же условиях  $k_{ку}$



изменяется до 26%). Поэтому для прямоугольной формы устья получены выражения, с помощью которых можно определять  $K_{ку}$  по данным о  $l_{ск}$ .

Анализ соответствующих зависимостей  $K_{ку}$  (рис.7) показывает, что если при применении тралов с небольшими размерами устья (используемых на большинстве траулерах в 65-70г.г.) зонды с  $\alpha$  порядка  $20-30^\circ$  позволяли обеспечивать приемлемый контроль почти всех промысловых стай (косяков) в устье трала, то эффективный контроль рыбы в устье современных крупногабаритных тралов возможен лишь при введении более широкой зоны действия эхолотного датчика нижнего направления  $\sim 45^\circ$ .

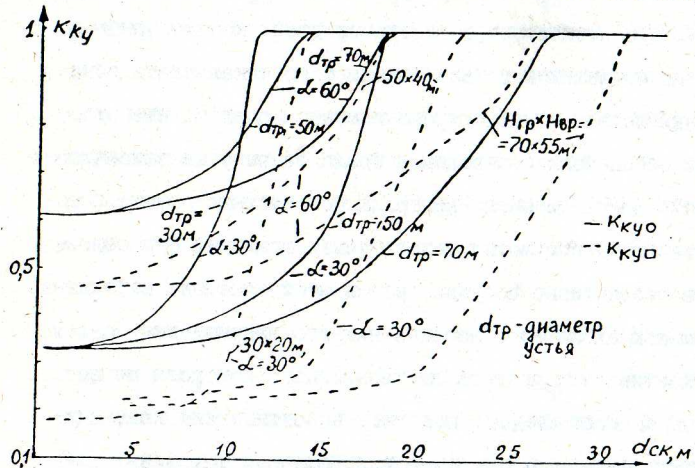


Рис.7. Графики зависимости  $K_{ку}$  от  $d_{ск}$  при различных  $d_{тр}$ ,  $H_{гр}$ ,  $H_{вр}$  и  $\alpha$ . Эффективность контроля за рыбой в зоне трала также зависит от качества получаемых "рыбных" показаний и "качества" (удобства и наглядности) их отображения, в значительной мере определяемого частотой получения эхосигналов от объектов и режимами их отображения. Нами проработаны принципы построения и предложены устройства для траловых зондов, позволяющие обеспечивать получение максимально возможного количества эхосигналов от рыбы в ближней зоне трала независимо от глубины траления, а также обеспечивать крупномасштабное отображение эхосигналов от рыбы путем реализации режима воспроизведения истинного движения трала по глубине, т.е. с привязкой к поверхности воды, и с регистрацией

истинного рельефа дна (последнее немаловажно при разноглубинных тралениях на небольших расстояниях от грунта) - признаны изобретениями.

Наблюдения за рыбой и ее поведением в устье трала еще недостаточны для достижения успешных результатов завершающего этапа облова. При облове стай (косяков) и стайных скоплений часто можно говорить о дискретном "порционном" перемещении рыбы вдоль трала. Для эффективной работы трала в нем должен быть обеспечен перевод рыбы из одной зоны в другую и исключено обратное ее перемещение, в том числе и принудительное с помощью, например, дополнительных физических раздражителей.

Этим определяется и необходимый объем оперативной информации от средств дистанционного контроля: о процессе и характере прохождения рыбы из устьевой зоны в направляющую и удерживающую, поведении объектов лова в пределах трала, об изменении плотности концентрации рыбы вдоль трала, в том числе вблизи зоны критического сечения, к примеру, для своевременного включения устройств управления поведением.

Анализ методов получения указанной информации и проведенные нами экспериментальные работы позволили разработать рациональный, достаточно эффективный и вполне пригодный для промышленного использования метод дистанционной дискретной последовательной локализации обстановки в поперечных сечениях трала и принципы построения соответствующего устройства с использованием автономных акустических приемо-ответчиков-эхолокаторов-ретрансляторов, запускаемых по сигналам с центрального тралового блока (с верхней подборы), и трактов относительной количественной оценки объектов в каждом лоцируемом сечении и устье. Минимальные интервалы  $l_1$  дискретности определяются как  $l_1 = H_{вр}$ ,  $l_1 = h_{сеч} \cdot i$ .

Эффективность дистанционного контроля за рыбой в сечениях трала в данном случае определяется с помощью полученного выражения для  $K_{ку}$ .

Возможность оценки получаемого улова при тралении всегда интересовала промышленников. Поэтому самые первые работы по созданию траловых средств дистанционного контроля под руководством Н.В.Вершинского и А.И.Трещева в 50-е гг. были направлены на решение данной задачи.



Очень многими отечественными и зарубежными исследователями и конструкторами предлагалось большое количество различных способов и устройств контроля степени наполнения трала рыбой, базирующихся на самых разнообразных физических принципах, однако лишь в 70<sup>х</sup> годах была создана аппаратура "Улов" (Улов-2), которая стала использоваться на промысловых судах. Тем не менее из-за ряда недостатков, в том числе и датчика наполнения, она получила ограниченное применение. И только разработанная к концу 70-х годов аппаратура "Эридан", в которой были применены предложенные М.И. Круковером и автором данной работы более простые и надежные датчики, позволяющие в определенной степени получать также информацию о динамике наполнения, нашла действительно широкое распространение на траулерах. Затем подобные средства стали выпускаться и зарубежными фирмами. Основным недостатком вышеуказанных устройств является дискретность оценки степени наполнения.

Важность получения полной и достоверной информации о характере, степени и динамике заполнения тралового мешка еще более возросла в условиях современного рыболовства. Поэтому нами были проведены работы по исследованию возможностей акустических методов контроля улова в процессе траления посредством оценки затухания звука в водорной среде мешка, локации рыбы в мешке трала с верхней подборы.

По результатам исследований и экспериментальных работ был разработан рациональный метод непрерывной оценки характера наполнения, в котором сигналы, подаваемые от центра верхней подборы к мешку, используются для управления сигналами лоцирования, производимого вдоль тралового мешка от его начала. Принятые эхосигналы от рыбы в мешке трала передаются на центральный траловый блок, установленный на верхней подборе и через него на судно. Предложенный метод признан изобретением.

Глава 6 посвящена определению и контролю основных характеристик трала и траловой системы. Увеличение габаритов разноглубинных тралов, необходимость снижения энергозатрат на вылов объектов лова требуют обязательной оценки и контроля характеристик трала и траловой

системы непосредственно в процессе траления. Проведенные нами исследования позволили разработать ряд методов измерения и оценки наиболее важных параметров трала и траловой системы, которые могут изменяться при тралении в результате воздействия различных факторов.

1. Измерение разности длины вытравленных ваеров. Определению этой характеристики уделялось большое внимание как отечественными, так и зарубежными исследователями и инженерами. Однако реально работающим устройством, пригодным для использования на промысловых судах, оказался созданный в результате длительных экспериментальных исследований счетчик ваеров ИДМ (использующий нанесение на ваера магнитных меток).

Основным недостатком счетчиков типа ИДМ является сложность обеспечения достаточной надежности работы в связи с тяжелыми условиями эксплуатации блока датчиков на сильно вибрирующих ваерах.

По результатам экспериментальных исследований нами был разработан и предложен более простой, надежный, рациональный и точный метод и принципы построения соответствующего устройства для измерения и контроля разности длины вытравленных ваеров с использованием акустических приемо-ответчиков, устанавливаемых на траловых досках и запускаемых по сигналу рыболокатора горизонтального действия или отдельного бортового блока (получено авт. св. на изобретение).

2. Контроль перекоса, симметрии трала и траловой системы, положения траловых досок относительно верхней подборы трала. В последнее десятилетие серьезное внимание уделяется решению задачи оперативной оценки перекоса или симметрии трала, существенно влияющих на его уловистость. Были предложены целый ряд методов, устройств, базирующихся на различных физических принципах. Однако какие-либо устройства, пригодные для работы на траулерах, пока отсутствуют. Наиболее близки к завершению разработки, основанные на электромагнитных методах оценки деформации ячей трала при его перекосе.

Принципиальным недостатком предложенных методов и устройств является то, что их реализация обусловлена необходимостью создания почти



полностью автономных приборов, что приводит к серьезным осложнениям как аппаратуры, так и ее эксплуатации, а также увеличению стоимости.

Исходя из главного принципа комплексности решения проблемы дистанционного контроля процессов разноглубинного тралового лова нами проработаны и предложены новые рациональные и эффективные методы контроля перекоса и пространственной симметрии трала и траловой системы и разработаны принципы построения устройств, позволяющие получить более простые, надежные и удобные в эксплуатации средства.

Устройство для определения и контроля перекоса включает акустические приемо-ответчик (на продольной оси трала), и один или два приемо-ответчика-ретранслятора на верхней подбуре в стороне от продольной оси (во втором случае на равных расстояниях от центра подбур).

Устройство для контроля пространственной (т.е. в горизонтальной и вертикальной плоскостях) симметрии траловой системы включает два приемо-ответчика-глубиномера-ретранслятора с формирователями временного строба манометрического типа (на траловых досках), запускаемых по сигналам с центра верхней подбур. В процессе траления определяется разность дистанций от центрального блока до каждого из приемо-ответчиков и глубин их нахождения, а также положение траловых досок относительно центра верхней подбур с высокой точностью. Указанные устройства признаны изобретениями. Экспериментальная проверка, проведенная в промысловых районах ЮВТО, ЮЗТО в рабочих режимах траления, подтвердила правильность и реальность использования в практических ситуациях лова предложенных методов и разработанных на этой основе устройств.

3. Измерение и контроль горизонтального раскрытия трала. Оперативное измерение и контроль горизонтального раскрытия необходимы как при решении задачи наведения трала на скопления и стаи (косяки), так и для определения его технической производительности. Предложенные ранее методы не обеспечивали удовлетворительного решения данной задачи ввиду сложности реализации, неудобства при эксплуатации.

Нами предложен более рациональный метод измерения горизонтально-

го раскрытия с помощью лишь одного акустического приемо-ответчика, позволяющий реализовать простое, удобное при эксплуатации устройство с использованием для получения окончательных данных информации о вертикальном раскрытии. Экспериментальные работы по проверке указанного метода были проведены при разноглубинных тралениях в районах ЮВТО. С использованием в этом случае предложенных нами устройств автоматического сопровождения выбранной цели будет обеспечиваться возможность автоматического отчета данных о горизонтальном и вертикальном раскрытии. Эти устройства измерения горизонтального раскрытия и автоматического сопровождения целей признаны изобретениями.

4. Определение других геометрических характеристик трала и их изменений в процессе работы трала. По результатам проведенных нами экспериментальных исследований в процессе рабочих тралений было установлено, что с помощью одного или  $2^X$  акустически запускаемых приемо-ответчиков возможно измерять расстояния до различных частей и элементов трала или дистанции между ними (например, сечения трала) и, соответственно, оценивать появляющиеся изменения непосредственно в рабочем режиме трала. Таким образом, приемо-ответчики, используемые для контроля перекоса, измерения горизонтального раскрытия, могут применяться также для решения вышеуказанных задач. Получаемые в результате данные могут использоваться для контроля состояния, регулировки, настройки трала с целью достижения (с меньшими затратами времени и труда) более оптимальных его характеристик непосредственно в промысловом рейсе (особенно если появляются сомнения в нормальной работе трала).

В главе 7 рассмотрены принципы построения комплексной гибкой системы дистанционного контроля процессов разноглубинного тралового лова. Выполненный анализ возможностей и характеристик известных систем дистанционного контроля разноглубинных тралений (Furuno, Simrad и др.) показал, что они во многом не удовлетворяют условиям современного тралового лова (главным образом, в отношении полноты и качества информационного обеспечения). Из изложенного в работе следует, что с помощью



гидроакустических средств может быть обеспечен эффективный контроль всех основных процессов разноглубинного тралового лова. На основе проведенного анализа сформулированы главные принципы построения рациональной гидроакустической системы дистанционного контроля. Это, во-первых, комплексность и, во-вторых, гибкость. Комплексность определяется тем, что одни и те же элементы и группы элементов-блоков системы используются одновременно для решения нескольких задач информационного обеспечения. Гибкость же заключается в том, что система формируется посредством добавления к центральному комплексу, обеспечивающему выполнение обязательных функций контроля, дополнительных приборов, узлов и блоков, расширяющих его возможности, управление работой и приемом информации которых ведется через указанный центральный комплекс.

Полный состав комплексной гибкой гидроакустической системы дистанционного контроля включает набор приборов, узлов и блоков, которые могут быть разделены на две группы: бортовую и траловую.

Бортовая часть состоит из электронно-сканирующей аппаратуры одновременного кругового обзора с устройствами обеспечения "панорамной" записи и отображения эхосигналов от стай (косяков) рыбы в носовых курсовых углах, а также с траверзных направлений, рыболокатора вертикального действия (одноканального с дополнительными трактами относительной количественной оценки и траверзного обзора правого и левого борта, моноимпульсного или с электронным сканированием и поворачивающейся на  $90^\circ$  антенной с трактами относительной количественной оценки и размерного состава и устройствами "панорамной" записи-отображения информации об объектах с выбранного слоя), и устройства-блока управления работой траловой части и приема от нее информации. В качестве альтернативного может быть и вариант с аппаратурой объемного сканирования нижней полусферы и системы "вертикальной" локации, в которой последовательно формируется несколько (два-три) лучей (один по вертикали, остальные с отклонением от нее на фиксированные углы в диаметральной плоскости траулера-в ее кормовую часть).

Траловая часть системы состоит из центрального блока максимально с семью трактами последовательного акустического лоцирования: верхнего, нижнего, правого и левого траверзных направлений, двух носовых (под разным наклоном) и одного кормового, приемо-ответчиков, приемо-ответчиков-эхолотаторов-ретрансляторов и двух блоков траловой доски.

В состав бортовой части также входят объединенные комбинированные устройства отображения всей ситуации лова в двух плоскостях.

Блок траловой доски может быть реализован в нескольких модификациях. Самый простой вариант-это приемо-ответчик, реагирующий и откликающийся на сигналы бортовой аппаратуры кругового обзора или отдельного блока запуска приемо-ответчиков на траловых досках и приема ответных сигналов. С помощью такой подсистемы в первом случае может обеспечиваться определение ориентировочной длины каждого вытравленного ваера, измерение разности длины вытравленных ваеров и определение относительного положения стай (косяков) и трала на дисплее отображения ситуации лова в горизонтальной плоскости. Кроме того, может быть получена и некоторая информация о положении стай (косяков) относительно трала в вертикальной плоскости. Во втором случае обеспечивается решение только первых двух задач.

Во второй модификации один блок дополняется трактом локации в направлении второй доски и трактом приема-ответа сигналов запуска центрального тралового блока, а также ретрансляции сигналов тракта локации в режиме ЧМ к центральному блоку. Второй блок траловой доски дополняется трактом приема-ответа на сигналы послышки первого блока и трактом приема-ответа на сигналы запуска центрального блока. Сигналы запуска передаются через тракт локации носового направления центрального блока. С помощью данной подсистемы, кроме решения ранее указанных задач, обеспечивается контроль попадания стай (косяков) в зону между траловыми досками, их положения в ближней зоне трала в процессе наведения трала на рыбу, а также перекоса трала.

В третьей модификации блоки траловой доски дополняются трактами



локации в нижнем направлении, попеременно запускаемыми по сигналам центрального блока (через тот же ранее указанный тракт локации). Тракт локации пространства между досками отключается посредством, к примеру, переключения антенн. Тракты локации в нижнем направлении вместе с бортовым рыболокатором вертикального действия обеспечивают получение данных о глубине и характере погружения рыбы в процессе наведения трала на рыбу при облове протяженных подвижных скоплений.

Наиболее комплексная модификация блока траловой доски включает, кроме указанных, тракт эхолотного измерителя горизонта хода доски со стробированием от манометрического датчика, с помощью которого обеспечивается измерение положения досок относительно верхней подборы по вертикали и контроль пространственной симметрии траловой системы.

Подсистема в составе станции кругового обзора, аппаратуры вертикальной локации, трактов приема-ответа и локации зоны между досками блоков траловой доски и трактов локации центрального тралового блока (кроме тракта локации в кормовом направлении) предназначена для информационного обеспечения наведения трала на подвижные стаи (косяки, контроля результата наведения и рыбы в устье трала).

С помощью тракта локации кормового направления центрального тралового блока и приемо-ответчиков-эхолокаторов-ретрансляторов обеспечивается контроль за прохождением рыбы в трале от его устья к траловому мешку и за динамикой и степенью наполнения трала рыбой.

С помощью траверзных (и кормового) трактов локации центрального тралового блока и двух приемо-ответчиков может обеспечиваться оценка и контроль перекоса трала, измерение дистанции до различных частей трала, расстояний между ними и их изменений в процессе траления (одного приемо-ответчика при этом достаточно для измерения горизонтального раскрытия и расстояний до разных элементов трала).

Минимальный состав центрального комплекса включает рыболокатор вертикального действия с дисплеем ситуации лова в вертикальной плоскости и центральный траловый блок с трактами локации нижнего и

верхнего направлений с временным стробом на чувствительном элементе манометрического типа для надежного определения горизонта хода трала при максимально возможной частоте получения эхолотной информации в ближней зоне трала независимо от диапазона глубин траления.

Для передачи данных с центрального тралового блока наиболее целесообразно применение кабель-тросовой линии связи или гидроакустической с разработанными источниками электропитания, использующими энергию движения трала, которые пригодны также и для остальных траловых блоков системы.

Проведенный с использованием полученных в работе показателей (с учетом требований пользователей-операторов и эксплуатации) сравнительный анализ известных систем и комплексов (ICTF и ITI+SR-240, ES, FR500 или FS-3300) и предлагаемой показал, что по технической эффективности ( $K_{эф}$ ) последняя превосходит существующие в среднем в 1,5-2 раза.

Оценка экономической эффективности выполнялась путем сравнительного поблочного (поприборного) анализа систем и показала, что благодаря комплексности решения задач информационного обеспечения возможная стоимость предлагаемой системы находится на уровне существующих.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Аналитические и экспериментальные исследования автора, изложенные в настоящей работе, позволили создать и обосновать основные теоретические предпосылки нового научно-технического направления-гидроакустического дистанционного контроля процессов разноглубинного тралового лова, охватывающего основные вопросы подводного информационного обеспечения тралений после обнаружения промысловых объектов: выбора скоплений для последующего облова, определения и контроля положения трала, траловой системы и объектов лова, их поведения в процессе траления, определения и контроля параметров и характеристик трала, траловой системы, их изменений, а также результата траления непосредственно в процессе лова; на их основе и предложенных новых простых, надежных и рациональных методов решения указанных задач разработать научно



обоснованную гибкую комплексную гидроакустическую систему оперативного дистанционного контроля, позволяющую получить качественное информационное обеспечение основных процессов разноглубинных тралений.

Основные результаты, новизна и практическая значимость выполненных исследований заключаются в следующем:

1. Разработаны принципы оценки потенциальной технической эффективности средств дистанционного контроля по степени качества и весомости выполнения ими задач информационного обеспечения процессов разноглубинных тралений и соответствующий комплексный показатель-критерий, выражаемый в виде суммы произведений частных показателей качества аппаратуры по  $i^{\text{й}}$  выполняемой задаче на переменный индекс весомости или значимости соответствующей задачи в конкретных условиях лова, позволяющий более объективно оценивать и сравнивать как уже имеющиеся на судах, так и создаваемые приборы и системы контроля.

2. Установлены функциональные зависимости между величиной показателя эффективности наведения трала на малоподвижные объекты лова и характеристиками средств дистанционного контроля, размерами устья трала и скоплений для всего диапазона глубин тралового лова. С помощью полученных в работе соотношений можно не только оценивать возможную эффективность наведения трала на рыбу при работе судна в конкретном районе, но и обосновывать необходимые размеры устья трала для данного района исходя из параметров установленной аппаратуры и размерных характеристик облавливаемых концентраций.

3. Разработаны вероятностные показатели для оценки эффективности средств дистанционного контроля по контролю рыбы в зоне трала, его устье и сечениях, получены расчетные соотношения для определения этих показателей в зависимости от размеров косяков (скоплений) и трала, в том числе с учетом дистанции реакции рыбы на сетное полотно и оснастку трала. В результате обеспечивается возможность определения характеристик средств контроля по заданным значениям показателей эффективности, а также оценивать возможности эксплуатируемой техники

применительно к разным условиям применения. Показано, что качественный контроль косяков и стай в устье современных крупногабаритных тралов, их сечениях и результата наведения (с вероятностью  $> 0,5$ ) может быть обеспечен при ширине зоны действия соответствующих эхолотных датчиков порядка  $36-45^{\circ}$ .

4. Разработаны способ практического исключения влияния приборных погрешностей средств информационного обеспечения наведения, основанный на регистрации данных бортовой аппаратуры вертикальной локации и тракта эхолотного измерения горизонта хода системы контроля трала на общем устройстве с крупномасштабным отображением в режиме воспроизведения с "привязкой" к поверхности воды, а также метод непосредственного определения положения трала относительно рыбы с использованием акустических приемо-ответчиков, устанавливаемых на траловых досках, позволяющие обеспечивать эффективное наведение на малоподвижные объекты практически во всем диапазоне рабочих глубин тралового промысла или без снижения эффективности наведения работать тралами с меньшими вертикальными раскрытиями.

5. Разработаны и обоснованы методы обеспечения эффективного наведения при облове подвижных протяженных концентраций и скоплений за счет использования бортовой локационной аппаратуры вертикального действия со сканированием характеристик направленности в диаметральной плоскости или с несколькими дискретными направлениями лоцирования в этой плоскости и трактов локации в нижнем направлении, устанавливаемых на траловых досках, или съемных приемо-ответчиков-эхолокаторов-ретрансляторов, устанавливаемых на ваерах.

6. Разработаны и обоснованы способы существенного повышения эффективности наведения трала на подвижные косяки-стай при использовании разработанных методов определения и непосредственного отображения относительного положения косяков рыбы и зоны трала, а также локации объектов в пространстве между траловыми досками и в ближней зоне трала. Предложенный метод определения положения трала относительно



косяков рыбы впервые открывает реальные возможности облова подвижных косяков-стай без прохода судна над ними, т.е. при минимальном воздействии физических полей траулера на поведение объектов лова.

7. Разработаны и обоснованы рациональные методы, а также принципы построения устройств контроля результатов наведения устья трала на объекты лова, их поведения и характера прохождения внутри трала к траловому мешку непосредственно в процессе траления.

8. Разработаны и обоснованы эффективные методы контроля результата траления - степени наполнения мешка трала рыбой, на основе одного из которых созданы приборы "Эридан", получившие широкое распространение на промысловых судах.

9. Разработаны и обоснованы новые комбинированные акустические методы определения и контроля основных характеристик трала и траловой системы: разности длины вытравленных ваеров, горизонтального раскрытия трала, его перекоса, пространственной симметрии трала, обладающие существенными преимуществами по сравнению с известными.

10. Для более объективной оперативной оценки целесообразности облова предложены и обоснованы способы и разработаны принципы построения устройств автоматической регистрации горизонтальной протяженности обнаруживаемых скоплений и косяков в поперечной плоскости: "панорамной" записи для электронно-сканирующей аппаратуры вертикального действия, "панорамной" записи и регистрации эхосигналов с траверзных направлений для гидролокаторов одновременного кругового и секторного обзора, трактов траверзного обзора для одноканальной рыболокционной аппаратуры вертикального действия.

11. Широкое внедрение разработанной на основе проведенных автором теоретических и экспериментальных исследований комплексной гибкой гидроакустической системы оперативного дистанционного контроля процессов тралового лова в практику промышленного рыболовства и рыбохозяйственных исследований позволит существенно повысить производительность работы траулеров, снизить энергоемкость тралового промысла,

создать реальные предпосылки для серьезного сдвига в развитии непосредственно траловых орудий лова, остановить продолжающийся процесс увеличения вертикального раскрытия разноглубинных тралов, открывает возможности для комплексного изучения проблемы взаимодействия рыболовной, траловой системы и непосредственно трала с объектами лова, управления их поведением с целью повышения эффективности облова, создания эффективных автоматизированных систем тралового лова.

Основное содержание и результаты работы излож. в след. матер-лах:

1. Морск. исп. сетн. зонда, М. Рыб. х. №5, 65, с. 40-41 (соавт. Романенков В.С)
2. Рыболовские гидроакустические приборы, Ежегодник БСЭ, 1968, вып. 12
3. Телем. апар. контр. парам. оруд. промысла, Ежегодник БСЭ, 69, вып. 13
4. Телем. аппаратура контр. парам. трала, М. Рыб. хоз. 1970, №4-5, с.
5. Зонд сетевой, М. БСЭ, 3-е издание, т. 9
6. The present state of hydroac. fish find. & instrum. gear contr. in purse sein. & trawl., Fish. News, Lond., 71, в сб. "Mod. Fish. gear of the World".
7. Промысловая гидроакустика, М. ВНИИТИ АН СССР, 1972, Итоги науки и техники, Оборуд. пищ.-ой пром-сти, т. 2, с. 15-112
8. Телем. апар. контр. парам. оруд. промысла, М. Пищ. пром-сть, 72, с. 360
9. Совр. сост. и персп. разв. сет. зонд. с каб. связ., М. Р. х., 72, №11, с. 51-54
10. О способах передачи и приема информации в телеметрической аппаратуре для промышленного рыболовства, М. Рыб. хоз. 1973, №1, с. 58-60
11. Совр. сост. и персп. разв. бескаб. сет. зонд., М. Рыб. х., 73, №3, с. 42-44
12. Нек. вопр. разв. и соверш. бескаб. трал. зонд., М. Рыб. х., 74, №11, с. 43-48
13. Рыболовская аппаратура, БСЭ, 3-е издание, т. 22
14. Вопр. прим. сканир. гидрол. в рыб. хоз. М. ЦНИИТЭИРХ, ОИ, 75, сер. 6, вып. 2
15. Мор. исп. нов. рыбол. станц. М. Р. х., 75, №12, с. 29-34 (соавт. Подлипанов М.Д)
16. Нек. вопр. исполъз. и соверш. трал. зондов, М. Рыб. х., 76, №12, с. 46-49
17. Совр. сост. и тенд. разв. трал. зонд. М. ЦНИИТЭИРХ, 76, сер. 6, вып. 5-6, с. 65
18. К вопросу об определении местоположения скоплений рыбы и других объектов относительно рыболовного трала, М. Рыб. хоз., 1977, №1, с. 45-48
19. К вопросу об улучшении характеристик траловых зондов с гидроа-



- кустической линией связи, М. Рыб-е хоз-во, 1977, №4, с.52-55
- 20.0 повыш. кач. воспроизв. инф. в трал. зонд. эхол. типа, М. Рыб. х., 77, №7, с
21. 0 повыш. эфф. использ. гидроак. рыбоп. ап-ры, М. Рыб. х., 77, №9, с.56-60
22. Повыш. эфф. гидроак. рыболок. аппарат-ры, М. ЦНИИТЭИРХ, 77, 0И, вып. 3, с.55
23. Промысловая гидроакустика и рыболокация, М. Пищ-я пром., 1978, с.310
25. 0 повыш. эфф-ти бескаб. трал-х зондов, М. Рыб. хоз-во, 78, №10, с.47-51
25. К вопросу об улучш. характ-к трал. зондов, М. Рыб. хоз-во, 79, №3, с.36-39
- 26.0 повыш. эфф. использ. рыболок. гориз. действ. М. Рыб. х., 79, №5, с.45-46
- 27.0 повыш. эфф. исп. инф. гидроак. рыболок. аппарат., М. Рыб. х. 79, №8, с.41-42
28. Использ. гидроакустики в рыбном хоз-ве, М. Пищ. пром-сть, 1979, с.174
29. Новый траловый зонд, М. Рыб. хоз. 1980, №4, с.61-63 (соавт. Аристов В.А)
30. Результаты эксплуатации аппаратуры контроля наполнения трала рыбой "Оберон" на промысловых судах, М. ЦНИИТЭИРХ, 1979, ЭИ, вып. 8, с.1-13
31. Некоторые вопросы использования и развития траловых зондов для промысловства, М. Докл. на межд. симпоз. выставки "Инрыбпр.80" 1980, с.15
32. 0 возм-ти совершенств. тралов. зондов, М. Рыб. х., 1981, №9, с.54-57
33. Осн. напр. разв. и соверш. рыбопоиск. гидролок. М. ЦНИИТЭИРХ, 1981, с.23
34. Оценка эфф-ти приоб. контр. проц. пел. трал. лова, М. ЦНИИТЭИРХ, 82, с.25
35. Анализ эфф. и напр. разв. трал. зонд. пром. судов, М. ЦНИИТЭИРХ, 82, с.62
36. Прибор контр. нап. трала Эридан, М. Рыб. х., 83, 6 (соавт. Зубарев И.А.)
37. Иссл. эффект. приоб. контр. проц. пелагич. трал. лова, реф. канд. дис., 83
38. Рыбопоиск. станц. одновр. круг. обз. с накл. характ. нап., М. Рыб. х., 85, №5, (соавт. Воронежский А.П., Кабаков Л.С., Зыбин Б.Л., Шевцов В.М.)
39. Перспективы подводной передачи информации с применением электромагнит. методов, М. Рыб. хоз. 85, №7 (соавт. Ольшанский В.М. Протасов В.Ф.)
40. Рез. использ. гидрол. круг. обз., М. Рыб. х., 88, №7 (соавт. Гончаров С.М.)
41. Универс. трал. зонды "СКОЛ-2000Р", М. Рыб. х., 88, №11 (соавт. Шубный Н.В.)
42. The Universal underwater acoustic system SCOL-2000R for monitoring of the trawl performance and fish position relative to the trawl, World Symp. on Fish. Gear & Fish. Ves. Des. Canada, St. J. 1988, s.31
43. Present state and development trends of fish. underwater acoust.

- techn., World Symp. on Fish. Gear & Fish. Ves. Des., Can., St. John's, 88, s.31
44. Современное состояние и направления развития средств промысловой гидроакустики. М. ВНИЭРХ, 1989, ЭИ, вып. 4, с.23
45. 0 дистанц. контр. проц. разногл. трал. лова, М. Рыб. х., 1991, №5, с.50-54
46. Способ определения степени наполнения кутка рыболовного трала рыбой, а.с. СССР, №186806, 20.05.65 (соавт. Федоров А.Б., Полякова З.В.)
47. Гидролокационное устройство для определ. положения косяка относительно трала, а.с. СССР №184181, 07.06.65, (соавт. Петров Г.П. Орлов Ю.В.)
48. Датчик степени заполнения кутка рыболовного трала рыбой, а.с. СССР №561545, 17.02.75 (соавт. Круковер М.И.)
49. Устр. для регистр. сигналов трал. зондов, а.с. СССР №614470, 19.04.76
50. Устр. записи инф. в рыб. приоб. одновр. сект. обз., а.с. №587330, 03.05.76
51. Устр. для регистр. сигналов трал. зондов, а.с. СССР №662948, 01.08.77
52. Траловый зонд, а.с. СССР №720391, 27.06.77
53. Индикаторное устройство для трал. зонда, а.с. СССР №924649, 20.09.79
54. Траловый зонд, а.с. СССР №1734616, 16.04.90
55. Устройство для автоматич. сопровод. целей, а.с. №1103687, 17.12.81
56. Устройство для автоматич. сопровод. цели, а.с. №1367716, 07.06.84
576. Устройство регистрации сигналов, а.с. СССР №1210106, 07.02.86, бюл. №5 (соавторы Шубный Н.В., Краснов В.Д.)
58. Устройство для определения степени наполнения тралового мешка, а.с. СССР №1251032, 87 (соавт. Вареник В.Д. Федосеенков В.С. Шибков А.Н.)
59. Устр. для измер. гориз. раскр. рыбол. трала, а.с. №1618364, 13.05.88
60. Устр. для контр. перекоса рыбол. трала, а.с. СССР №1618363, 13.09.88
61. Устр. для контр. разн. ваеров рыбол. трала, а.с. №1779308 от 06.11.90
62. Устр. для контр. перекоса рыбол. трала, а.с. СССР №1784154, 6.11.90
63. Спос. опред. степ. наполн. мешка трала рыбой, а.с. №1764601, 05.12.90
64. Способ определения положения трала относительно косяков рыбы в процессе траления, заявка на выдачу патента от 11.01.92