
Техника для рыбохозяйственных исследований

УДК 639.2081.7:621.397

Развитие средств гидроакустической телеметрии и телеуправления в рыбохозяйственной отрасли*В.И. Кудрявцев*

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва
E-mail: vkudry@vniro.ru

Дополнение судовой рыбопоисковой техники средствами гидроакустической телеметрии стало решающим фактором в развитии и всё более широком распространении активных методов промышленного рыболовства: тралового и кошелькового. Практическое развитие указанной аппаратуры началось в конце 50-х — начале 60-х гг. В создании средств гидроакустической рыбохозяйственной телеметрии большую роль сыграли исследователи, инженеры и конструкторы научно-исследовательских институтов и КБ рыбной промышленности. Ими проводились исследования и разработка каналов передачи данных телеметрии, способов получения информации о степени наполнения трала рыбой, способов определения перекоса и симметрии траловой системы и др. Впервые в мировой практике НПО промысловой техники был разработан и внедрён на рыболовных судах прибор контроля наполнения трала «Улов» и «Улов-2» с гидроакустической линией связи между тралом и судном. Были разработаны и использованы также приборы контроля наполнения трала «Оберон», «Эридан» с акустическим каналом передачи данных о степени наполнения с мешка трала на верхнюю подборку к траловому зонду и дальнейшей их трансляции на борт судна. Совершенствование микропроцессорной техники с многоцветными и многооконными дисплеями отображения способствовало дальнейшему развитию выше рассмотренных эхолокационных устройств рыбохозяйственной телеметрии. Были разработаны более качественные с наглядным отображением получаемой информации траловые гидролокаторы со сканированием характеристик направленности в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Разработано большое количество акустических датчиков для всестороннего мониторинга характеристик траловых систем донного и пелагического тралового лова. Большое внимание уделяется развитию гидроакустических устройств дистанционного управления непосредственно во время траления параметрами траловых систем. Конструкторами и инженерами нашего рыбного хозяйства были созданы и впервые в мировой практике применены устройства закрытия мешка трала перед началом его выборки «Актиния».

Ключевые слова: гидроакустика, рыболовные суда, телеметрия, траловый гидролокатор, дистанционное управление тралом.

ВВЕДЕНИЕ

Гидроакустическая телеметрия появилась в промышленном рыболовстве значительно по-

зже судовой гидроакустической рыбопоисковой аппаратуры, однако в настоящее время она становится все более массовым типом оснаще-

ния средствами рыбохозяйственной гидроакустики как промысловых, так и научно-исследовательских рыболовных судов. Её применение способствует более эффективному использованию даже достаточно устаревших судов.

Если при развитии гидроакустической рыбопоисковой техники, особенно активной горизонтальной локации, в основном использовались достижения гидроакустики военно-морского флота, то разработка средств рыбохозяйственной телеметрии и телеуправления в основном выполнялась гражданской промышленностью.

Начало развитию основ направления гидроакустической телеметрической аппаратуры для рыболовных судов (и телеуправления) было положено исследователями, инженерами и конструкторами в таких странах как ФРГ, ГДР, Япония, Норвегия, а также специалистами рыбной промышленности в нашей стране.

К направлению телеметрии будем относить технические средства, в которых гидроакустика служит для получения информации о параметрах орудий лова и рыбе в зоне их действия, для её передачи на судно и для передачи сигналов управления в зону орудия лова.

Техника гидроакустической рыбохозяйственной телеметрии может быть разделена на два класса:

1) аппаратура дистанционного контроля параметров орудий лова непосредственно во время промысла;

2) биотелеметрические системы, в настоящее время включающие n -е количество гидроакустических меток с рядом приёмных трактов для применения в рыбохозяйственных исследованиях при дистанционном изучении рыб и других водных объектов.

ГИДРОАКУСТИЧЕСКАЯ ТЕЛЕМЕТРИЯ РЫБОЛОВНЫХ СУДОВ

Создание и практическое внедрение телеметрических систем контроля характеристик трала и рыбы в зоне их действия началось в конце 50-х — начале 60-х гг. прошлого века с разработок приборов измерения и контроля глубины хода трала на основе манометрических датчиков исходя из основных пожеланий рыбаков в то время, тем более что у рыбаков практически и не было каких-либо особых пред-

ложений по измерению необходимых для них параметров трала.

К работам по данному направлению подключились рыбохозяйственные организации, в частности, наиболее активно отдел морской электроники БалтНИРО, позднее переведённый в СЭКБ промысловства (г. Калининград). Им были начаты соответствующие разработки, в частности, прибора «Глубина» [Орлов, 1969] с гидроакустической линией связи.

В 1963 г. нами были проведены морские натурные испытания прототипа тралового зонда с эхолокационным датчиком нижнего направления лоцирования и кабельной линией связи [Кудрявцев, Романенков, 1965]. С учётом положительных результатов испытаний, а также экспериментальных исследований способов передачи информации с трала на судно для линии передачи мы остановились на использовании каротажных кабелей, имеющих достаточно высокую механическую прочность и способных выдерживать значительные переменные нагрузки. Наружная оболочка (броня) каротажного кабеля состоит из двух слоёв стальной оцинкованной проволоки, служащей одновременно и вторым проводником линии связи. Основным проводником является центральная жила. Направление крутки в каждом слое брони противоположное, что препятствует раскручиванию кабеля во время его работы.

Следует указать на особенность конструкции кабеля, применённого в то время в аппаратуре НС-36 (ГДР) и поставляемой в СССР вместе с рыболовными судами типа «Тропик», «Атлантис». В ней отсутствовал второй проводник линии связи. Это было сделано для упрощения изготовления и снижения стоимости кабеля. Стальная оцинкованная жила (фактически трос) кабеля являлась токопроводящей и обеспечивала его механическую разрывную прочность. Снаружи она была покрыта прочной пластмассовой изоляцией, выдерживающей высокое давление. В качестве второго проводника в этой линии связи использовалась морская вода.

Данный кабель не получил распространения в связи с необходимостью усложнения траловой аппаратуры (подводного блока, устанавливаемого на трале) и частично бортовой ап-

паратуры, т. к. кабель без второго проводника линии связи (для этого используются проводящие свойства морской воды) имеет большие затухания (зависящие от рабочей длины кабеля).

В КБ, затем в СЭКБ промысловства была последовательно разработана серия гидроакустических траловых зондов с кабельной линией связи (на основе каротажных кабелей связи с использованием в качестве второго проводника брони кабеля): ИГЭК, ИГЭК-У, а после разработки новой кабельной лебёдки с автоматической отдачей и выборкой кабель-троса с поддержанием его постоянного натяжения [Зубарев, Кудрявцев] он стал выпускаться под названием ИГЭК-УМ и получил широкое распространение на отечественных промысловых судах. Он используется на целом ряде судов и в настоящее время. Промысловики нередко используют указанную кабельную лебёдку при постановке трала также для поддержания его верхней подборы.

В начальный период развития промысловой гидроакустической траловой телеметрии основное внимание уделялось созданию аппаратуры с эхолокационными датчиками вертикального зондирования (одним или двумя), увеличению диапазонов их работы. Были разработаны системы «Игла» и «Дейма» [Кореньков и др., 1980] для применения при разноглубинном лове на больших глубинах.

Развитие крупнотоннажного флота, увеличение скорости траления до 6–7 узлов и вертикального раскрытия тралов до 70–80 м потребовали создания более совершенных гидроакустических приборов контроля параметров трала [Кореньков, 1987]. В 1985 г. в НПО промысловства была закончена разработка нового кабельного тралового зонда «ИГЭК-супер», предназначенного для эксплуатации на судах типов БАТМ, РТМС и др. В нём были применены пьезо-керамическая антенна с пенополиуретановым покрытием и предварительный усилитель. Вертикальная ориентация характеристики направленности антенны обеспечивалась системой пассивной стабилизации. Блок со стабилизацией антенны обеспечивал надёжный эхоконтакт с нижней подборой трала, грунтом и поверхностью моря, хорошо зарекомендовал

себя в районе Срединно-Атлантического хребта (САХ) и в тех случаях, когда в процессе лова было необходимо часто менять горизонт хода трала и скорость траления. В траловом блоке предусматривалось слабое звено (специальная заклёпка). При обрыве ваеров для спасения тралового блока было необходимо затормозить кабельную лебёдку, после чего заклёпка срезается и траловый блок можно выбрать на судно. Корпус блока был изготовлен из пластика, что уменьшало возможность его повреждения при постановке-выборке трала и во время палубных операций с тралом. В 1986 г. была изготовлена первая партия «ИГЭК-Супер» в количестве 57 изделий [Кореньков, 1987]. Траловые блоки с пьезо-электрической антенной с полиуретановым покрытием в корпусе из пластика также поставлялись отдельно (Агат — 19,7/25,5) для использования в аппаратуре «ИГЭК-УМ» на действующих судах взамен утерянных или повреждённых [Кореньков, 1986 а].

На базе пьезокерамических антенн с полиуретановым покрытием был разработан траловый зонд для малотоннажных судов «Ритм-200» с рабочей частотой локация 50 кГц [Кореньков, 1986 б]. Траловый блок имел два варианта исполнения. Первый вариант — традиционная плоская конструкция щиткового типа с корпусом из пластика, второй — металлическая рамная конструкция с пассивной стабилизацией антенны.

Далее НПО промысловства разработало новое поколение кабельных траловых зондов «Ритм-200», «Ритм-600» и «Ритм-2500» для мало-, средне- и крупнотоннажных судов с рабочей частотой 50 кГц, что позволило уменьшить габариты и массу траловых блоков. В последних двух были предусмотрены две антенны верхнего и нижнего направлений зондирования, генератор и предварительный усилитель. В бортовой электронный блок была включена микро-ЭВМ «Электроника 05–21» [Кореньков, 1986 б].

Выполнялись разработки траловых зондов и с горизонтальной эхолокацией. Для облегчения наведения трала на рыбу в СЭКБ промысловства была разработана траловая телеметрическая система «Прицел» с шестью акустическими антеннами и кабельной линией

связи [Петров и др., 1965]. Характеристики направленности четырёх антенн располагались таким образом, чтобы обеспечить попеременное зондирование обстановки перед тралом в направлениях вперёд-вверх, вперёд-вниз, вперёд-вправо и вперёд-влево относительно траектории движения трала. Дальность обнаружения средних косяков указанной системой была выбрана равной порядка 500 м. Аппаратура работала на частоте 50 кГц, имела электрическую мощность генератора в импульсе 5 кВт, длительность излучаемых импульсов около 10 мс.

СЭКБ промысловства (группой А.И. Коренькова) также был разработан и использовался на промысле траловый гидролокатор «Инструч» для определения положения косяков рыбы в передней зоне трала с двумя веерными статическими характеристиками направленности с разными наклонами вееров в вертикальной плоскости. Он осуществлял сканирование в горизонтальной плоскости и обзор пространства 80° по горизонтали и 20° ($10 \times 10^\circ$) по вертикали симметрично линии движения трала (рис. 1).

Цели, расположенные в нижнем секторе, отображались на экране ВКУ зелёным цветом, в верхнем — синим. Если цель захватывалась обоими секторами, цвет сигналов изменялся на белый. Возвышение грунта в зоне перед тралом, пересекающее линию движения трала, отображалось сигналами красного цвета, что предупреждало об опасности повреждения трала. Положительные результаты были полу-

чены при эксплуатации аппаратуры в районах на банках Азорских о-вов и скальных поднятиях САХ [Красавин, 1985].

Так, в четвёртом разделе «Подводные горы открытой части Атлантического океана» [Кухоренко и др., 2013] указывается на то, несмотря на небольшие величины запасов глубоководных и батипелагических рыб подводных гор, они сохраняют свое значение в качестве потенциальных дополнительных ресурсов российского рыболовства. В первом десятилетии наступившего столетия АтлантНИРО провело несколько экспедиций в районы подводных гор Атлантического океана. После длительного перерыва получены данные по современному состоянию запасов макроруса на Срединно-Атлантическом хребте, подготовлены рекомендации российским рыбодобывающим предприятиям по использованию дополнительной сырьевой базы.

Первые траловые зонды с гидроакустической линией связи между судном и тралом вначале с одним, затем с двумя эхолокационными нижнего направления лоцирования в начале 60-х гг. были разработаны японскими фирмами.

После ряда экспериментов подобные вполне конкурентоспособные системы с двумя эхолокационными датчиками верхнего и нижнего направления были разработаны и ОКБ «Бриз» Минсудпрома: СКОЛ-1500 с максимальной рабочей глубиной 1500 м (её промысловые испытания были проведены нами на БМРТ «Мыс Бабушкина» в Тихом океане и Японском море в конце 1978 г.)

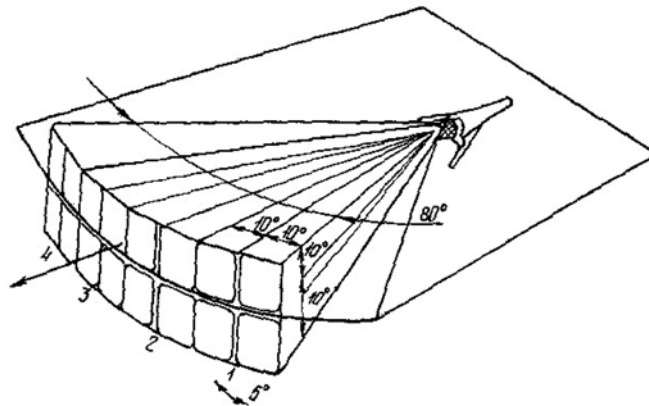


Рис. 1. Пространственное расположение характеристик направленности тралового гидролокатора «Инструч»

и СКОЛ-2000Р [Аристов, Кудрявцев, 1980; Кудрявцев, Шубный, 1988]. Передача информации на борт судна в СКОЛ-2000Р могла осуществляться не только по гидроакустической, но и по кабельной линии, что позволяло увеличить надежность канала связи, работать подводным устройствам без перезарядки аккумуляторов от судовой сети переменного тока (они получали электропитание непосредственно по кабелю связи). При порыве или повреждении кабеля судоводитель непосредственно с пульта управления в рулевой рубке мог оперативно переключить аппаратуру на гидроакустический канал связи.

Большое внимание нашими исследователями, инженерами и конструкторами рыбной отрасли было уделено развитию устройств дистанционного контроля непосредственно во время траления степени наполнения трала рыбой. Проводились экспериментальные исследования гидроакустических датчиков контроля степени заполнения вертикальной локации, устанавливаемых на траловом мешке [Кудрявцев, 1972], а также по использованию натяжения эластичных стропов, охватывающих траловый мешок [Краснов, 1970]. По результатам исследований на промысловых судах в 1968–1969 годах была получена зависимость натяжения в эластичном стропе от веса улова [Краснов, 1970] и выполнена разработка соответствующих приборов контроля наполнения трала с гидроакустической линией связи с судном «Улов» и «Улов-2» [Краснов, Овечкин, 1979].

Принцип их работы был основан на том, что накопление улова в траловом мешке связано с увеличением периметра его поперечного сечения. Чувствительным элементом датчика соответственно являлся резиновый строб, расположенный в плоскости поперечного сечения мешка, охватывающий около половины его периметра и растягивающийся по мере расширения мешка. На трале устанавливался датчик наполнения и передающий акустический блок, на судне — буксируемая приёмная гидроакустическая антенна и индикатор, на котором фиксировались данные о двух степенях наполнения тралового мешка рыбой.

Был также разработан прибор «Оберон», позволявший измерять три степени наполне-

ния мешка трала при использовании одного резинового строба с герконами [Круковер, Кудрявцев, 1975; Кудрявцев, 1979 б]. Приём и индикация его информации обеспечивалась траловыми зондами посредством восприятия его гидроакустических сигналов (данных) боковыми лепестками антенны тралового зонда кабельного или бескабельного. Приборы подобного назначения были созданы и широко внедрены в промысловую практику впервые в мире.

В 1981 г. НПО промысловства начал серийный выпуск универсального прибора контроля степени наполнения рыбой тралового мешка «Эридан», принцип действия и конструкция, которого были разработаны с учётом опыта эксплуатации приборов аналогичного назначения «Улов-2» и «Оберон». Как и «Оберон», прибор «Эридан» не имел блоков, устанавливаемых на борту судна.

При погружении на глубину более 10 м передатчик начинал излучать в сторону судна серии ультразвуковых импульсов длительностью 8 с, которые как гидроакустическая помеха воспринимались боковыми лепестками антенны тралового зонда. Принимаемая информация отображалась на самопишущих регистраторах соответствующих бортовых приборов в виде поперечных линий. Приборы «Эридан», «Улов-2» и «Оберон» демонстрировались на международной выставке Инрыбпром-80 [Инрыбпром-80, 1980].

Полученный опыт эксплуатации указанных приборов показал, что их применение позволяло экономить промысловое время, обеспечивать получение уловов с минимальными повреждениями рыбы, обеспечивать более ритмичную работу судового рыбообработывающего оборудования [Зубарев, Кудрявцев, 1983].

Отечественные серийные приборы контроля степени наполнения трала, стали выпускаться и применяться на наших промысловых судах раньше, чем был начат их выпуск зарубежными фирмами.

СЭКБ, затем НПО промысловства и другими нашими исследователями и инженерами также проводились работы по гидроакустическому контролю перекаса трала. В способе определения перекаса трала [Хромов,

Краснов, 1980] предусматривается выбор двух пар контрольных точек, одна из которых расположена на траловых досках, а вторую пару точек выбирают на левом и правом крыльях трала. Измерение расстояний проводится между точками, расположенными на крыле и траловой доске по разные стороны от продольной оси трала.

В устройстве для контроля перекоса рыболовного трала датчик перекоса выполнен в виде импульсной акустической приёмо-передающей системы и двух акустических приёмоответчиков [Кудрявцев, 1988]. Система (рис. 2) устанавливается в центре верхней подборы трала непосредственно у тралового зонда, один приёмоответчик закрепляется на трале в точке, находящейся на продольной оси трала, второй — на верхней подборе в стороне от продольной оси трала. Расстояние между приёмоответчиком, устанавливаемым на верхней подборе трала, и акустической приёмопередающей системой выбиралось кратным расстоянию между приёмо-ответчиками. Акустическая приёмо-передающая система была соединена с каналом связи тралового зонда [Кудрявцев, 1988].

Устройство работает следующим образом. После погружения трала на определённую глубину по сигналам тралового зонда акустическая приёмо-передающая система начинает излучать импульсы лоцирования на несущей частоте f_1 . Импульсы лоцирования принимаются акустическим приёмо-ответчиком на верхней подборе и переизлучаются им на той же несущей частоте f_1 , но с отличающимися

параметрами, например, с большей длительностью или в виде кода. Соответственно сигнал этого приёмоответчика принимается вначале акустической приёмопередающей системой (т. к. она находится ближе к этому приёмоответчику) и по каналу связи поступает в приёмник-индикатор/регистратор тралового зонда.

Сигнал приёмоответчика верхней подборы затем также принимается приёмоответчиком 2 и ретранслируется им на другой несущей частоте f_2 . Акустическая приёмопередающая система работает лишь на частоте f_1 , поэтому она непосредственно не воспринимает сигналы приёмоответчика. Приёмоответчик верхней подборы имеет два усилителя (на частоты f_1 и f_2), поэтому он принимает сигнал приёмоответчика 2 и ретранслирует его на частоте f_1 .

Ретранслированный приёмоответчиком верхней подборы сигнал приёмоответчика, установленный на трале, принимается акустической приёмо-передающей системой, передается по каналу связи тралового зонда к приёмнику-индикатору/регистратору тралового зонда и регистрируется им.

При наличии перекоса расстояние между приёмоответчиками (l_1 и l_2) изменяется, т. е. становится меньшим или большим l , и соответственно сигнал от приёмоответчика 2 поступает на приёмник-индикатор/регистратор тралового зонда раньше или позже. В результате можно контролировать как направление перекоса, так и его величину.

Вариант гидроакустического контроля перекоса трала в горизонтальной плоскости применён

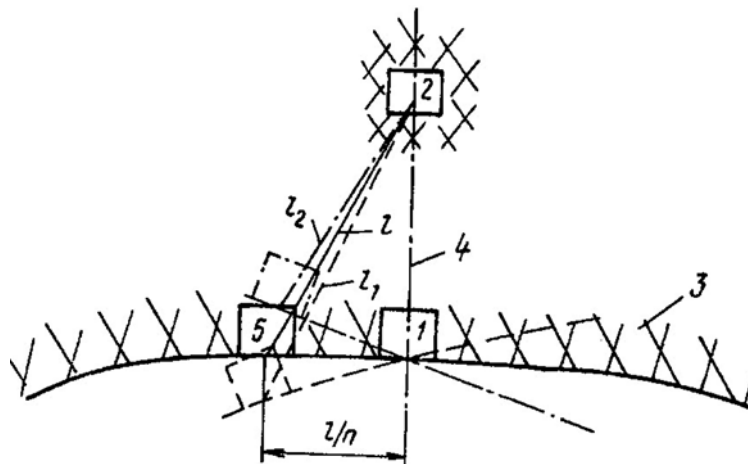


Рис. 2. Схема функционирования датчика перекоса

в норвежской системе контроля трала P144/54 фирмы «Simrad» [www.simrad.com]. Она включает группу из трёх акустических датчиков, один из которых устанавливается в центре верхней или нижней подборки трала, а два других на левой и правой траловых досках. Принцип действия этой группы датчиков подобен принципу действия датчиков расхождения траловых досок, но в результате их функционирования на судно передаётся от датчика, установленного на подборе трала, информация о дистанциях от центра соответствующей подборки трала до траловых досок. Неравенство этих дистанций сигнализирует о нарушении симметрии трала вследствие ошибок при постановке трала или из-за воздействия подводных течений и маневров судна.

Дальнейшее развитие исследований по определению перекоса трала проходило в направлении оценки и контроля пространственной симметрии трала, обеспечение которой является весьма важной характеристикой качественной работы траловой системы. В качестве примера можно привести устройство контроля пространственной симметрии, в котором в качестве опорных точек также используются траловые доски. Центральный траловый блок устройства также устанавливается в центре верхней подборки трала и связан с траловым зондом для передачи на борт судна данных чувствительных элементов. Чувствительные элементы выполнены в виде акустических приёмоответчиков-глубиномеров-ретрансляторов с формирователями временных стробов манометрического типа, устанавливаемых на траловых досках. Формирователями временных стробов манометрического типа при этом вырабатываются стробы, временное положение которых от момента излучения импульсов зондирования с траловых досок определяется манометрическим чувствительным элементом в зависимости от глубины нахождения соответствующей траловой доски. Указанные временные стробы обеспечивают функционирование приёмных трактов акустических приёмоответчиков-глубиномеров-ретрансляторов лишь в течение кратковременного промежутка времени непосредственно перед приходом сигналов, отражённых от поверхности воды. Тем самым будет обеспечен стабильный и надёжный приём указанных отражённых

сигналов и, соответственно, устойчивая точная оценка относительного положения траловых досок по вертикали, т. е. симметрии траловой системы в вертикальной плоскости. Устройство обеспечивает более точную оценку симметрии траловой системы в водной среде, благодаря тому, что с его помощью осуществляется высококачественная оценка пространственной симметрии рыболовной траловой системы (а именно, в горизонтальной и вертикальной плоскостях), и большее удобство при эксплуатации благодаря тому, что чувствительные элементы датчика симметрии устанавливаются всегда в строго фиксированных местах — на траловых досках (т. е. не в точках, которые промысловнику необходимо подбирать для каждого трала) [Кудрявцев, 1990].

Установка акустических датчиков на траловых досках с направлением приёма-излучения в сторону судна также может использоваться для определения разности длины вытравленных траловых ваеров. Скорость звука на пути его распространения к каждому из находящихся сравнительно недалеко друг от друга приёмоответчиков (и обратно) будет одинаковой, поэтому не будет влиять на погрешность оценки разности длины вытравленных ваеров [Кудрявцев, 1992].

Совершенствование микропроцессорной техники с многоцветными и многооконными дисплеями отображения способствовало дальнейшему развитию выше рассмотренных эхолотных устройств рыбохозяйственной телеметрии. Были разработаны более качественные, с наглядным отображением получаемой информации, системы со сканированием характеристик направленности в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Траловый гидроакустический телеметрический комплекс TCS770 фирмы «Wesmar» (США) относится к классу телеметрических акустических систем с кабельной линией связи подводного блока с бортовой аппаратурой. В состав его тралового подводного блока, кроме гидроакустических антенн вертикального лоцирования как в нижнем, так и в верхнем направлениях, входят две антенны с одной характеристикой направленности (ХН) и электромеханическим сканированием. Одна из этих антенн обеспечивает сканирование устья

трала в поперечной плоскости, а другая обзор пространства перед тралом (лоцирование объектов лова и траловых досок).

Ширина ХН антенны в первом случае составляет $4^\circ \times 30^\circ$, а во втором — $2,3^\circ \times 25^\circ$. Для гидролокатора, обеспечивающего обзор перед тралом, используется рабочая частота 110 кГц, ширина ХН антенны составляет $8,5^\circ \times 8,5^\circ$. В гидролокационном тракте обзора в поперечной плоскости используется рабочая частота 110 кГц при ширине ХН антенн $28^\circ \times 28^\circ$ и сектор обзора 180° или 360° . Траловый гидролокатор переднего обзора может сканировать пространство в горизонтальном и в вертикальном секторах 180° , а также по образующим кругового конуса.

Получаемая гидроакустическая информация отображается на цветном дисплее с разрешением 640×480 пикселей. Предусмотрено 12 режимов отображения информации, использующих различные комбинации дисплейных окон с гидроакустическими данными, получаемыми от обоих гидролокаторов и трактов вертикальной локации. Интенсивность эхосигналов может кодироваться 9 или 16 цветовыми градациями, а цвет фона может быть выбран синим или черным.

Управление режимами работы каждого тракта тралового гидролокатора TCS770 осуществляется с помощью панели управления и многоуровневого электронного меню. Наличие двух экранных курсоров позволяет измерять расстояния между любыми элементами, отображаемыми на экране дисплея, например, между траловыми досками. Оперативное переключение значений диапазонов регистрации эхосигналов, длительности зондирующих импульсов, коэффициентов усиления, зоны действия ВАРУ выполняется независимо для каждого тракта тралового гидролокатора. Для повышения помехоустойчивости и получения более качественных изображений обеспечивается возможность перестройки рабочих частот в пределах ± 5 кГц.

Помимо электронных модулей гидроакустических трактов, в подводном блоке размещены датчик температуры воды, гидростатический датчик глубины погружения блока и приёмник сигналов датчиков улова. Кроме того, в подводном блоке имеется датчик углов крена

и дифферента корпуса блока, данные которого используются для пространственной стабилизации характеристик направленности обоих гидролокационных трактов. Стабилизация обеспечивается при углах крена и дифферента до 30° . Данные от этого датчика отображаются также в графическом виде в специальном дисплейном окне, что позволяет при необходимости откорректировать режимы сканирования и углы наклона антенн обоих гидролокационных трактов. Конструкция подводного блока тралового гидролокатора рассчитана на глубину погружения до 1800 м [Кудрявцев, 2013].

В состав гидроакустической траловой системы телеметрии FS20/25 фирмы «Simrad» (Норвегия) также входят два тракта гидролокатора с электромеханическим сканированием акустических антенн. Один тракт обеспечивает сканирование устья трала в вертикальной плоскости, а другой — обзор пространства вокруг трала в горизонтальной плоскости или по конусной поверхности. В состав системы также может входить антенна тракта вертикальной локации.

Подводный блок может поставляться с рабочей частотой гидролокатора со сканированием в вертикальной плоскости 120, 330 или 675 кГц. Ширина ХН антенн этого гидролокатора составляет, соответственно, $5^\circ \times 40^\circ$, $1,9^\circ \times 20^\circ$ или $1,7^\circ \times 90^\circ$. Для тракта эхолокации по вертикали используется антенна с рабочей частотой 200 кГц и шириной ХН $10^\circ \times 20^\circ$.

Для обзорного гидролокатора используется рабочая частота 90 кГц. Ширина ХН антенны этого гидролокатора в режиме горизонтального обзора составляет $7,5^\circ \times 20^\circ$, а при обзоре по конусной поверхности $7,5^\circ \times 7,5^\circ$. Во втором случае обеспечивается возможность наклона акустических ХН в пределах от 15° вверх до 90° вниз. В этих же пределах обеспечивается стабилизация пространственного положения акустических ХН при углах крена и дифферента корпуса тралового гидролокатора до 15° .

Ширина как вертикального, так и горизонтального секторов обзора, также как и направление их центров, могут устанавливаться в любых пределах с максимальным значением до 360° . Скорость сканирования пространства, определяемая шагом сканирования, может регулироваться в широких пределах.

Для кодирования интенсивности эхосигналов используются многоцветные палитры или палитра с градациями серого цвета. Информация каждого тракта гидролокатора отображается в отдельном дисплейном окне, размеры которого могут регулироваться в широких пределах.

На поле с изображением эхосигналов с помощью компьютерной мыши можно перемещать и фиксировать два крестообразных курсора. В специальной экранной панели при этом индицируются пеленг на каждый курсор, дистанция от подводного блока до курсора и дистанция между точками пространства, помеченными курсорами. Для избегания потерь эхосигналов от малоразмерных объектов при излучении коротких зондирующих импульсов используется отбор максимальных значений амплитуды принимаемого сигнала в группе соседних выборок.

Помимо элементов гидроакустических трактов, в подводном блоке размещены: датчик температуры воды, гидростатический датчик глубины погружения блока и приёмник сигналов датчиков улова. Информация, получаемая от датчиков температуры и глубины, может отображаться в отдельных дисплейных окнах в виде соответствующих графиков. Информация о срабатывании датчиков улова отображается в специальном дисплейном окне, в котором также индицируются в цифровом виде значения температуры и глубины.

Все получаемые в процессе работы тралового гидролокатора данные могут записываться на жёсткий диск для целей последующего воспроизведения и анализа.

В базовый комплект тралового гидролокатора FS20/25 входят: цветной дисплей, процессорный блок (на базе компьютера широкого применения) с компьютерной мышью, прибор питания и телеметрии и подводный траловый блок. Возможна также поставка тралового гидролокатора с пультом дистанционного управления. В процессорном блоке предусмотрен интерфейс для подключения приёмника спутниковой навигационной системы GPS. Прибор питания и телеметрии предназначен для формирования напряжения питания подводного тралового блока, кодов управления режимами работы подводного тралового блока и преобразования аналоговых сигналов, поступающих от тралового блока, в двоичные коды для передачи в процессорный блок. Связь подводного тралового блока с прибором питания и телеметрии должна осуществляться по трёхжильному кабель-тросу.

На рис. 3 представлен пример отображения гидролокационной информации в поперечной плоскости трала.

На рис. 4 представлен пример результатов одновременного сканирования траловым гидролокатором FS20/25 в вертикальной и горизонтальной плоскостях на двух половинах экрана дисплея.

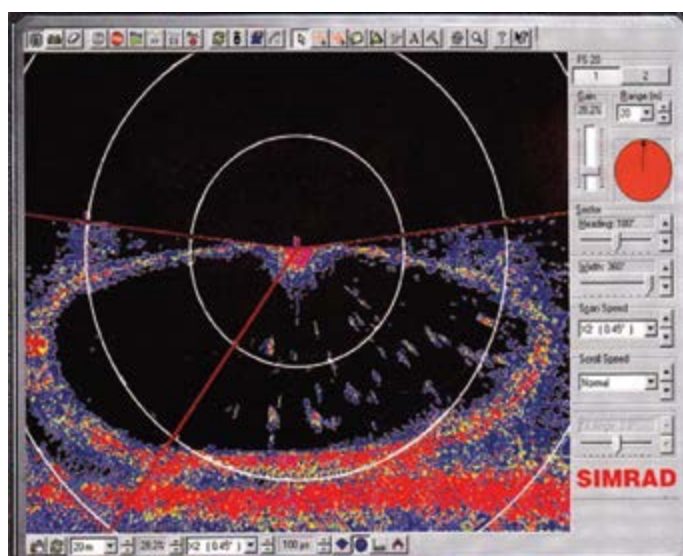


Рис. 3. Отображение эха от рыбы и дна сканирующим траловым гидролокатором FS20/25 в поперечном сечении трала при нахождении его вблизи грунта

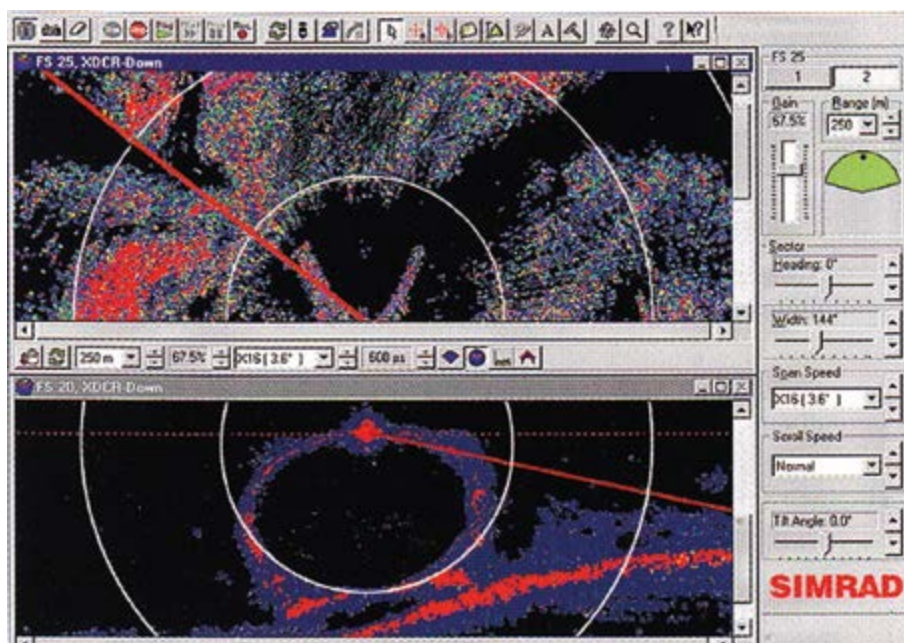


Рис. 4. Отображение результатов сканирования траловым гидролокатором FS20/25 в передней зоне трала (вверху) и в поперечной плоскости трала (внизу) на двух половинах экрана дисплея

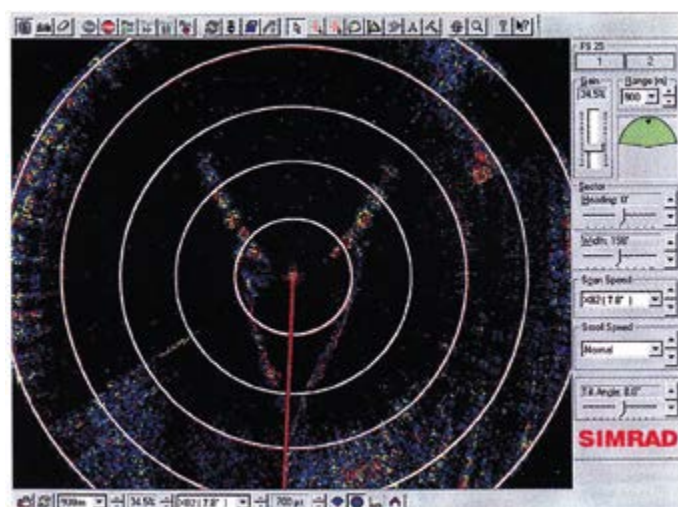


Рис. 5. Пример результатов сканирования зоны трала в горизонтальной плоскости траловым гидролокатором FS20/25

На рис. 5 приведён пример результатов сканирования траловым гидролокатором FS20/25 зоны трала в горизонтальной плоскости.

Выпускается также траловый гидролокатор FS70 со сканированием характеристики направленности акустической антенны лишь в поперечной плоскости трала, с дополнительным трактом вертикальной локализации и датчика-

ми температуры, глубины, степени наполнения трала.

В отличие от обычных траловых зондов электронно-сканирующие траловые гидролокаторы позволяют постоянно наблюдать рыбу в зоне вертикального раскрытия трала и его изменения при облове, а также обстановку в его ближней зоне вокруг трала. При сканировании в гори-

зонтальной плоскости можно оценивать размеры и форму трала, его положение при тралениях, определять возможные перекосы и симметрию, расстояние между траловыми досками и другие характеристики траловой системы, прохождение рыбы в трал и мимо него.

Недостатком сканирующих траловых гидролокаторов является необходимость постоянного наблюдения за экраном, хотя благодаря применению современных блоков памяти возможно своего рода «проигрывание» ситуации как непосредственно в процессе траления, так и после его завершения для проведения соответствующего анализа.

Норвежская фирма «Scanmar», созданная в начале 80-х гг. сосредоточила свои усилия на создании целого комплекса средств гидроакустической телеметрии для повышения эффективности пелагических, придонных и донных тралений, а также и снурневодного промысла во многом благодаря целенаправленной деятельности по разработке устройств для измерения и контроля характеристик и состояния рудий лова [Scanmar, Info. Ru, 2004]. Как указывается в докладе президента фирмы «Scanmar» Larsen H.S., представленном на 6-м Symposium on Acoustics in Fisheries Aquatic Ecology [Montpellier, France, 2002], указанной фирмой уже установлены системы траловой рыбохозяйственной гидроакустической телеметрической аппаратуры на более чем 3500 рыболовных промысловых судах и более 100 на научно-исследовательских (НИС), т. е. всего порядка 30 000 акустических датчиков телеметрического контроля.

Системы фирмы «Scanmar» представляют собой большой набор самых разных траловых датчиков информации, построенных на акустических и других физических принципах действия, приёмных гидрофонов, т. к. данные датчиков передаются на борт судна по гидроакустическим каналам связи, и комплексных бортовых устройств обработки и отображения информации в различной форме на цветных многоконтактных дисплеях.

Много внимания фирмой «Scanmar» было уделено получению информации о траловых досках. Были разработаны как отдельные акустические измерители расстояния между досками, так и комбинированные датчики с одновременным измерением глубины хода каждой доски.

Датчики «Сканмар» также показывают углы траловых досок в плоскостях крена и дифферента, и, соответственно, стабильность досок, так называемый «фактор тряски», в этих плоскостях. С помощью мониторинга углов можно регулировать скорость постановки трала, особенно в условиях сильных течений или ветров.

На рис. 6 приведён пример отображения с части бортового экрана дисплея соответствующей информации, в т. ч. об углах крена: левая траловая доска накренилась на 17° наружу; левая траловая доска находится на глубине 244 м и погружается со скоростью 2 м/мин; траловые доски почти выровнены по вертикали, дисбаланс составляет всего 1° ; трал находится в контакте с грунтом, клиренс (зазор между оснасткой и дном) равен 0; правая траловая доска находится на глубине 244 м и поднимается со скоростью 5 м/мин.



Рис. 6. Пример отображения с части бортового дисплея соответствующей информации (слева направо)

Для донного траления датчики глубины досок особенно важны, потому что доски легко заваливаются, когда они уже достигнут дна, если скорость не регулируется, чтобы доски касались грунта более-менее одновременно. При тралении на неровном грунте датчики глубины досок вместе с датчиками расстояния между досками позволяют легче вести трал с полной симметрией и в контакте с грунтом.

Фирмой было разработано несколько типов датчиков контакта с дном. На рис. 7 показан наиболее целесообразный по результатам испытаний на промысле датчик контакта с грунтом «Scanmar», а на рис. 8 приведена схема его функционирования. Он также может по-

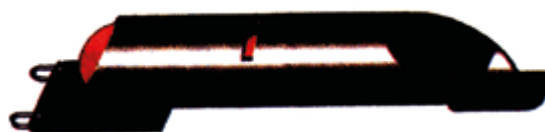


Рис. 7. Новый датчик Scanmar контакта с грунтом

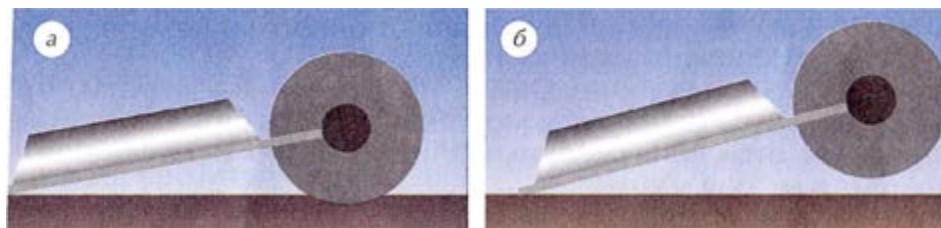


Рис. 8. Схема функционирования нового датчика «Scanmag»:

а — грунтотроп на грунте; *б* — отклонение его от дна

казывать, возникает или нет зазор между дном и оснасткой трала из-за неровности грунта или из-за потери контакта трала с грунтом.

К другим типам датчиков «Scanmag» можно отнести эхолотатор вертикального действия с узкой характеристикой направленности, устанавливаемый на верхней пластине трала и/или в зоне тралового мешка, который показывает контакт с дном, может быть доукомплектован миниотражателями с целью наблюдения за подъёмом нижней подборки над грунтом, порывом трала и за симметричностью устья трала; наличие рыбы над тралом; под ним или внутри него. Датчик разрыва сигнализирует, если произошёл порыв, датчик натяжения ваера или кабеля, служит для контроля симметрии и предупреждает о зацепе трала. Траловый акустический приёмоответчик показывает положение нижней подборки или грунтотропа даже в плотной концентрации рыбы. Фирма «Scanmag» предлагает как поставку отдельных датчиков контроля степени наполнения тралового мешка рыбой, срабатывающих при натяжении ячеей мешка, так и многоступенчатых, состоящих из пяти регистраторов натяжения ячеей, соединённых между собой кабелем. Они устанавливаются в линию по длине мешка и по мере его заполнения срабатывают один за другим от повышения

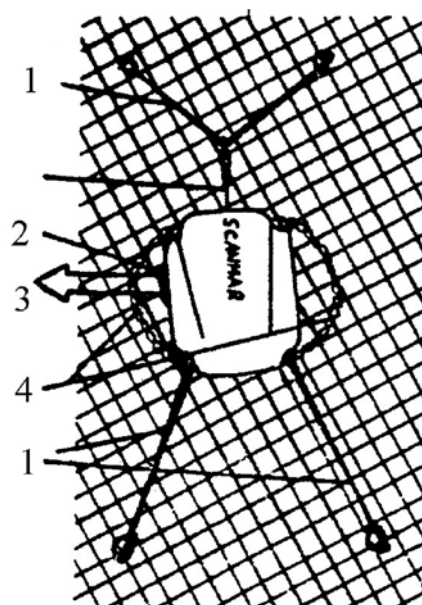


Рис. 9. Установка отдельного датчика улова Scanmag:

1 — стропы крепления; 2 — антенна датчика; 3 — направление на судно; 4 — цепь управления положением

натяжения в местах их установки, что даёт возможность наблюдать за процессом заполнения. На рис. 9 показана схема установки отдельного датчика степени наполнения, а на рис. 10 — схема установки многоступенчатого датчика.

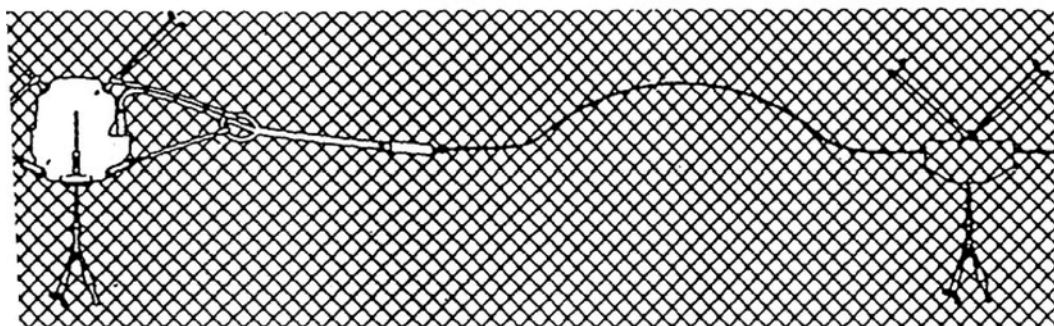


Рис. 10. Схема установки многоступенчатого датчика улова: слева показан основной блок акустической передачи данных об улове, справа — последняя пятая ступень

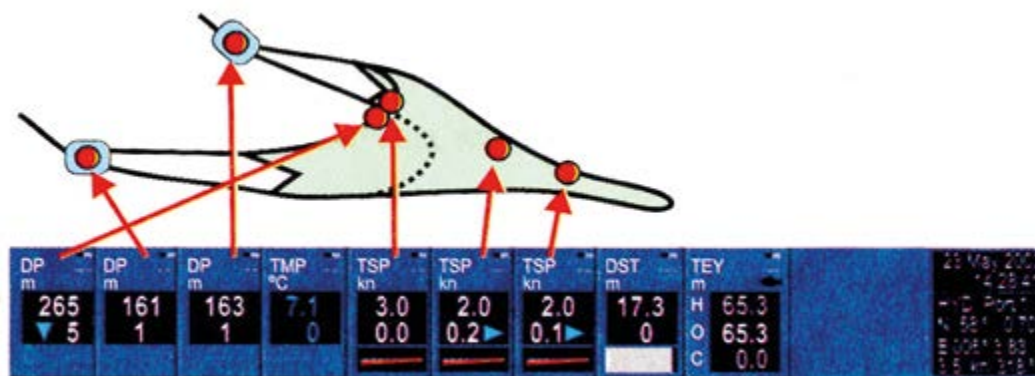


Рис. 11. Пример установки трёх устройств измерения скорости и направления потока в разных участках трала и текущие их показания

Фирмой «Scanmag» разработан также ряд устройств измерения скорости и направления потока воды в трале. На рис. 11 показан пример установки трёх таких устройств в разных участках трала и текущие их показания (TSP), начиная от устья трала.

На рис. 12 показан пример комплексного отображения данных о характеристиках работы траловой системы. На верхней части экрана дисплея отображается информация от отдельных датчиков. Средняя и нижняя секции экрана дают общую картину, в которой постоянно отображаются изменения ситуации в целом: положение трала, расстояние между траловыми досками, вертикальное раскрытие, расстояние между грунтом и нижней подборой, длина ва-

еров и натяжение на лебёдках. В нижней части экрана показывается симметрия трала, балансировка траловых досок. Всегда можно видеть, что угловые отклонения досок увеличиваются. Все получаемые в процессе работы данные могут записываться на жесткий диск для целей последующего воспроизведения и анализа.

На рис. 13 представлен пример отображения погружения донного трала на дно, в т. ч. показано погружение донного трала на дно: сначала траловая лебёдка тормозится, когда доски находятся примерно в 10 м над грунтом (А). Погружение досок замедляется, а трал продолжает опускаться с прежней скоростью. Когда доски коснутся грунта (В), скорость судна несколько увеличивается, доски стано-



Рис. 12. Пример обобщённой регистрации информации о работе траловой системы



Рис. 13. Пример отображения результатов измерений и контроля характеристик и параметров траловой системы на экране дисплея

вятся вертикально, распор увеличивается. Через короткое время трал садится на грунт (С).

Средства гидроакустической рыбохозяйственной телеметрии могут способствовать повышению качества оценки коэффициента уловистости (КУ) и селективности трала, являющихся весьма важными параметрами для определения численности объектов лова при тралово-акустических и учётных траловых съёмках биоресурсов. В общем, коэффициент уловистости является интегральным параметром, характеризующим эффективность работы орудия лова в целом.

Практическая невозможность конкретного определения в реальных условиях рыболовства введённого основоположником промышленного рыболовства и промысловой ихтиологии в России Ф.И. Барановым [1960] теоретического понятия абсолютной уловистости трала привела к последующему появлению самых различных подходов к оценке коэффициента уловистости трала, критический анализ которых выполнен, в частности, в работе О.М. Лапшина [2009].

В результате до сих пор при тралово-акустических и учётных траловых съёмках используются некоторым постоянным значением коэф-

фициента уловистости учётного трала большей частью без сколь-либо серьёзного обоснования. Нередко это приводит к разногласиям при оценке запасов.

В работе О.Н. Кручинина с соавторами [2011] сказано, что «общепринятые коэффициенты уловистости слабо обоснованы». Указанный этими авторами основной метод, во-первых, сложен в практической реализации со сколь-либо достаточной достоверностью и, во-вторых, как выше было указано, КУ не является величиной постоянной.

Исходя из изложенного представляется, что оценка КУ при съёмке должна производиться непосредственно в процессе каждого траления для получения далее некоторого обобщённого результата или каких-либо других значений.

Кроме того, учитывая рассмотренные сложности практического определения значения абсолютного КУ трала и невозможность его постоянной оценки, для пелагических тралов более достоверные результаты могло бы дать постоянное измерение в процессе съёмки относительного КУ.

В работе В.Н. Чурунова [2006] предложен способ определения коэффициента уловистости трала с использованием гидроакустических

средств, включающий нахождение частного от деления количества рыб, пойманных тралом, на их количество перед тралом, определяемое гидроакустическим эхолотом вертикального действия. Его располагают на плавсредстве, движущемся синхронно над предустьевым пространством трала.

Более целесообразным представляется способ определения коэффициента уловистости трала [Кудрявцев, 2007 а], в котором для определения количества рыб в предустьевой зоне трала гидроакустические телеметрические эхолокационные блоки размещаются на одной или обеих траловых досках. Лоцирование объектов в пространстве между траловыми досками и крыльями трала производится с одной доски в направлении другой доски или поочередно с каждой из траловых досок навстречу друг другу. При установке аппаратуры на одной траловой доске она излучает акустические импульсы в направлении другой траловой доски, а также принимает и хранит эхосигналы, обеспечивая перекрытие пространства между траловыми досками и в определённой степени между крыльями трала. При размещении блоков на обеих траловых досках начало работы осуществляется ведущим блоком.

Второй блок, установленный на другой доске, выделяет зондирующий импульс ведущего блока и через небольшой временной интервал излучает зондирующий импульс в направлении первой доски и также принимает и запоминает отражённые от рыбы сигналы. Зондирующий импульс второго эхолокационного блока выделяется ведущим блоком, который затем начинает следующий цикл лоцирования и т. д. В последнем случае обеспечивается практически полная равномерность зоны акустического перекрытия, тогда как при установке на одной траловой доске (т. е. с одним блоком траловой доски) имеет место некоторая неравномерность перекрытия пространства между распорными досками вследствие существования некоторой конусности акустической характеристики направленности. После выборки трала запомненные акустические данные считываются для обработки.

В связи со сравнительно небольшими величинами горизонтальных раскрытий тралов в данной аппаратуре могут применяться доста-

точно высокие рабочие частоты излучения, соответственно, с большей разрешающей способностью по дистанции. В результате, особенно при применении устройств так называемого «двойного» или «расщеплённого» луча, может быть получена дополнительно акустическая информация о размерном распределении рыбы в зоне устья трала.

С помощью такой системы уловистость траловых орудий лова может оцениваться как непосредственно в процессе учётных съёмок, так и промысловых тралений, при сравнении эффективности тралов и др.

Более высокое качество результатов при определении уловистости трала может быть обеспечено при использовании системы с тремя акустическими эхолокационными блоками излучения зондирующих импульсов, приёма и хранения отражённых сигналов [Кудрявцев, 2010].

Это связано с некоторым недостатком предыдущего способа, обусловленного тем, что при подходе трала к рыбному скоплению на поведение рыбы будут оказывать негативное влияние приближающиеся траловые доски, находящиеся впереди трала [Лапшин, 2009]. В результате какая-то часть рыбы может выйти из зоны действия трала до его подхода к рыбному скоплению, что будет отрицательно сказываться на оценке коэффициента уловистости трала. Способ с тремя блоками позволяет устранить указанный недостаток.

Два блока гидроакустической эхолокационной аппаратуры располагают по одному на каждом из траловых ваеров на одинаковом расстоянии от траловых досок напротив друг друга за пределами зоны их влияния на рыбу, а именно, превышающем расстояние начала реагирования рыб на приближающиеся траловые доски, один — на одной из траловых досок. Ваерные эхолоты обеспечивают акустическое лоцирование рыбы перед тралом, а установленный на траловой доске служит для определения границ зоны, в пределах которой выполняется акустическая оценка количества рыбы перед тралом. Система начинает работать после выхода трала на определённый горизонт. При движении трала пространство его зоны действия поочередно перекрывается гидроакустическими лучами от каждого из траловых ваеров навстречу друг другу.

При количественной оценке состояния запасов гидробионтов с использованием траловых выборок на получаемые результаты влияет также селективность трала. Известны несколько способов определения селективности рыболовных тралов [Трещёв, 1974; ICES, 1996]:

- с использованием чередующихся тралений с одного и того же судна в одном и том же районе тралами с различными размерами ячей. Полученные каждым тралом уловы анализируют и путём сопоставления размерно-количественных составов уловов оценивают селективные (избирательные) свойства сравниваемых тралов. Недостатком этого способа является практическая невозможность оценки действительной селективности конкретного проверяемого или исследуемого трала, а лишь определение различия в селективности этого и условно контрольного трала;

- с помощью параллельных одновременных тралений, когда траления производятся обязательно с двух однотипных судов, вооружённых одинаковыми тралами. При приходе в район лова с обоих судов одновременно отдаются тралы, тралят на параллельных курсах при минимальном расстоянии между судами по команде с одного из судов. Поднимают тралы на борт также одновременно, уловы сопоставляют по размерно-количественному составу;

- с применением мелкоячеенных сетных покрытий. Трал или его часть покрывают мелкоячеенной сетью больших размеров таким образом, чтобы рыба, прошедшая через основную сеть, задерживалась в покрывающей сети. После окончания траления отдельно высыпают и учитывают улов из мешка трала и покрывающей сети. Селективность данного трала определяется исходя из соотношения (за n тралений) размерно-количественного состава рыбы, вошедшей в трал, равного размерно-количественному составу пойманной рыбы в мешке трала плюс размерно-количественный состав рыбы в покрывающей сети, и составу оставшейся в траловом мешке.

Последний способ позволяет получать несколько более достоверные результаты по селективности исследуемого трала, но является существенно более сложным при практическом применении. Кроме того, в связи с дополни-

тельным наружным покрытием изменяются и характеристики самого трала, что будет отрицательно влиять на репрезентативность результатов определения его селективности [Трещёв, 1974; ICES, 1996]. Таким образом, указанные методы определения селективности тралов не относятся к достаточно достоверным.

Средства гидроакустической телеметрии могут способствовать повышению качества оценки селективности трала. В работе [Somerton et al., 2011] приводятся результаты использования акустических средств при определении селективности рыболовного трала. В указанной работе размерно-количественный состав рыб, входящих в устье трала, определялся путём использования двух оценок обратного акустического рассеяния. С помощью установленной на борту или в корпусе судна эхолокационной аппаратуры вертикального действия измерялось фактическое акустическое обратное рассеяние от концентраций рыбы (объёмная акустическая плотность, S_v) под судном посредством эхоинтегрирования в пределах слоя воды, захватываемого тралом. Кроме того, выполнялась теоретическая оценка акустического обратного рассеяния, которое было бы от выловленной рыбы с учётом её обилия, распределения по размерам (длинам) и акустической силы цели TS рыб, т. е. соотношения TS от l (длины) рыб (которые имеются для целого ряда промысловых рыб).

Соответственно, селективность проверяемого трала оценивалась исходя из получаемого указанным способом соотношения размерно-количественного состава рыбы, вошедшей в трал, и того же в полученном улове.

В данной работе указывается, что при сравнительных испытаниях предложенного метода с методом мелкоячеенных покрытий трала результаты определения селективности были подобными. Применённый ими метод свободен от недостатков вышеуказанных известных способов, не оказывает влияния на характеристики трала.

Ограничения его обусловлены практической невозможностью обеспечения интегрирования отражённых от рыбы сигналов только в пределах площади устья трала в связи с расширением фронта излучаемых акустических колебаний любой гидроакустической эхолока-

ционной аппаратуры, а также с определёнными допущениями при переводе показаний объёмной акустической плотности S_v в размерно-количественный состав рыбы, входящей в трал.

Кроме того, во многих ситуациях маловероятно, что размерно-количественный состав скопления рыбы, фиксируемый в слое воды под судном, будет оставаться неизменным при подходе к нему устья трала, из-за влияния шумов траулера, визуальной реакции рыб на траловые ваера, кабели, траловые доски и вследствие воздействия других факторов на поведение рыб. Это также будет негативно влиять на точность оценки селективности.

Более качественные результаты при определении селективности рыболовного трала непосредственно при реальных тралениях можно получить при использовании способа, предложенного в патенте РФ № 2483535 [Кудрявцев, 2012]. В данном способе определения селективности рыболовного трала посредством сравнения показателей гидроакустического эхолокационного телеметрического устройства и полученных в улове данного трала, гидроакустическое устройство состоит из n -го количества эхолокационных блоков с трактами определения размерного состава. Блоки состоят из двух равных групп, размещаемых на верхней и нижней подборах трала и в других его поперечных сечениях на равных отрезках напротив друг друга. Длина отрезка L определяется исходя из угловой ширины действующих характеристик направленности акустической антенны α эхолокационного блока по формуле $L = 2htg\alpha/2$, где h — вертикальное раскрытие трала. Акустическое лоцирование рыб осуществляется путём перекрёстного зондирования площади устья трала.

Существенный недостаток стандартной акустической рыбопоисковой судовой аппаратуры вертикальной локации обусловлен её ограниченными возможностями обнаружения рыбы в придонных слоях водной среды. Это связано с наличием так называемой «мёртвой» придонной зоны акустического обнаружения [Кудрявцев, 1978]. Достаточно эффективным решением, обеспечивающим существенное расширение зоны обнаружения в придонной области, представляется применение буксируемой системы с n -м числом малогабаритных акустических

эхолокационных датчиков, располагаемых в плоскости, перпендикулярной направлению движения рыболовного судна и перемещаемых в процессе съёмки на постоянном небольшом отстоянии от грунта [Кудрявцев, 2002].

Дополнительное сокращение остающейся зоны «необнаружения» рыб у дна может быть достигнуто при применении в указанной системе двух или трёхсекционных акустических антенн эхолокационных датчиков с перекрывающимися характеристиками направленности.

ГИДРОАКУСТИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ В ПРОМЫШЛЕННОМ РЫБОЛОВСТВЕ (РЫБНОМ ХОЗЯЙСТВЕ)

Наблюдаемые успехи и достижения в развитии гидроакустической траловой телеметрии приводят к выводу, что далее будет усиливаться и направление развития систем управления элементами трала непосредственно в процессе траления с использованием акустики. ВНИРО совместно с Клайпедским филиалом НПО промысловства в конце 80-х гг. проводились эксперименты с дистанционным изменением углов наклона траловых досок по управляющим акустическим сигналам с судна через гидролокатор «Сарган».

Инженеры и конструкторы отечественной рыбохозяйственной отрасли также были первыми в мировой практике, которые разработали и внедрили на рыболовных судах устройства гидроакустического телеуправления. Это была разработанная в НПО промысловства аппаратура «Актиния-М». Она была предназначена для предотвращения выхода рыбы из тралового мешка в процессе его выборки. Аппаратура «Актиния-М» обеспечивала закрытие тралового мешка перед началом выборки трала [Петров, Холодков, 1986] и состояла из тралового блока с трактом приёма и выделения гидроакустических сигналов телеуправления с борта судна и исполнительным механизмом закрытия мешка трала, включающим сетную заслонку в виде шторки. При выделении сигналов телеуправления от гидролокатора рыболовного судна исполнительный механизм обеспечивал освобождение плавучего якоря (своего рода парашюта) и закрытие (стягивание) сетной перегородки входного отверстия тралового мешка перед на-

чалом выборки трала (рис. 14). Комплекс «Актиния-М» выпускался серийно с 1985 г.

Для изменения горизонта хода трала во время траления НПО промысловства была разработана система с гидроакустическим телеуправлением «Фрегат», состоящая из блока управления и индикации, устанавливаемого в рулевой рубке судна, и специальных траловых досок с закрывками, способными поворачиваться относительно оси досок [Петров, Холодков, 1986]. На досках установлены также приёмные и управляющие электронные гидроакустические блоки. Во время траления, когда возникает необходимость срочно изменить горизонт хода трала, команда от блока управления поступает по кабельной линии связи тралового зонда. От него команда по гидроакустической линии связи передаётся к приёмным устройствам на досках. В результате приводятся в движение закрывки. При повороте закрывок изменяются углы крена траловых досок, что приводит к изменению горизонта хода трала. Основное преимущество такого метода управления горизонтом хода трала заключается в его малой инерционности.

В своём докладе, представленном на 6-м Symposium on Acoustics in Fisheries Aquatic Ecology [Montpellier, France, 2002], президент

фирмы «Scanmar» Хеннинг Скъолд Ларсен (H.S. Larsen) представил разработанную фирмой аппаратуру акустического телеуправления Multysampler для рыбохозяйственных НИС. Она представляет собой устанавливаемую на трале механическую конструкцию с тремя траловыми мешками вместо обычно используемого одного, которая по гидроакустическим сигналам с судна обеспечивает отдачу и работу вначале одного мешка, который через определённое время затем закрывается и отдаётся второй мешок по акустическим сигналам телеуправления и т. д. Как указывается в докладе, Multysampler прошёл всестороннюю проверку в рейсе НИС «Dr. F. Nansen» во время съёмок пелагических рыб в Намибии и Южной Африке. В Южной Африке за 40 тралений было обеспечено получение 120 выборок.

При облове тралом подвижных рыб, которые нередко могут двигаться со скоростью трала в направлении его устья [Кудрявцев, 1979 а], особенно если судно не обладает достаточными мощностями для увеличения скорости траления, представляется целесообразным применение комбинированной системы гидроакустической телеметрии и телеуправления для предотвращения или сокращения выхода рыбы из трала [Кудрявцев, 2007 б]. Она содержит блок сме-

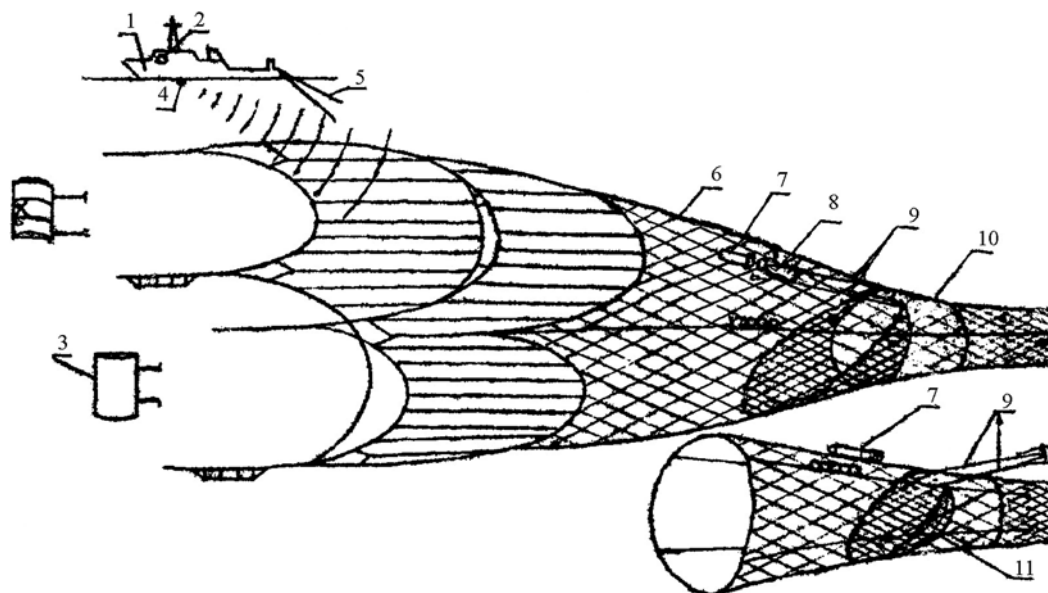


Рис. 14. Схема размещения комплекса «Актиния-М» на судне и трале:

1 — судно; 2 — блок управления; 3 — траловая доска; 4 — гидроакустическая антенна блока управления; 5 — траловые ваера; 6 — трал; 7 — траловый блок; 8 — устройство вытяжное; 9 — концы вытяжные; 10 — заслонка сетная в процессе траления; 11 — заслонка сетная в процессе выборки трала

щения рыбы к траловому мешку и блок дистанционного управления по акустическим сигналам с борта траулера по информации приборов акустического контроля рыбы в пределах трала. Блок смещения рыбы в траловый мешок выполнен в виде равных групп акустико-оптических излучателей звуковых и световых импульсных сигналов, а также эхолокационных датчиков контроля рыбы в поперечных сечениях трала. Излучатели и эхолокационные датчики дискретно располагаются вдоль оболочки трала от его устья к траловому мешку. Эхолокационные датчики устанавливают за соответствующими акустико-импульсными излучателями относительно устья трала, которые выполнены с возможностью создания ими зон акустической и оптической направленности под углом к продольной оси трала в направлении тралового мешка.

После отдачи трала с кабелями и траловыми досками с траулера и выхода его на горизонт траления начинают работать эхолокационные датчики по сигналам, передаваемым с траулера через подводную часть дистанционной системы управления. Информация о рыбе в поперечных сечениях трала передается на борт траулера. Когда судоводитель по эхограммам соответствующего эхолокационного датчика определяет, что в данном поперечном сечении трала наблюдается много рыбы, перемещающейся вместе с тралом, т. е. в направлении выхода из трала, он передает на блок сигнал о запуске соответствующего акустико-оптического излучателя.

Указанный излучатель подаёт в направлении рыбы акустический и световой импульсы (одновременно или с небольшим временным сдвигом), влияющие на поведение рыбы (к примеру, звуки хищных рыб, китообразных, на которые практически все рыбы реагируют весьма активно). Данные звуковые и световые импульсы приводят к дезориентации рыб, изменению направления её перемещения. Так как трал продолжает своё движение, даже кратковременная дезориентация рыб или небольшое изменение направления её перемещения приводит к некоторому смещению рыбы внутрь трала, т. е. к траловому мешку (как бы проталкиванию рыбы к мешку). Выход рыбы через стенки трала блокируется физическими полями, создаваемыми при движении оболочки трала в воде.

Наблюдая и анализируя информацию всех эхолокационных датчиков судоводитель подаёт сигналы для включения того или другого акустико-оптического излучателя или сигналы на повторные включения одного и того же, особенно перед началом выборки трала.

В статье Shenker M. [2009] рассматривается состояние с разработкой активной траловой системы с VTVD (Variable Thrust Vector Doors), которая предназначена для замены обычных траловых досок.

На рис. 15 представлена схема разрабатываемой системы с дистанционным управлением с судна с помощью гидроакустических сигналов, передаваемых по бескабельной акустической линии связи с реальной траловой доской VTVD (в круге)

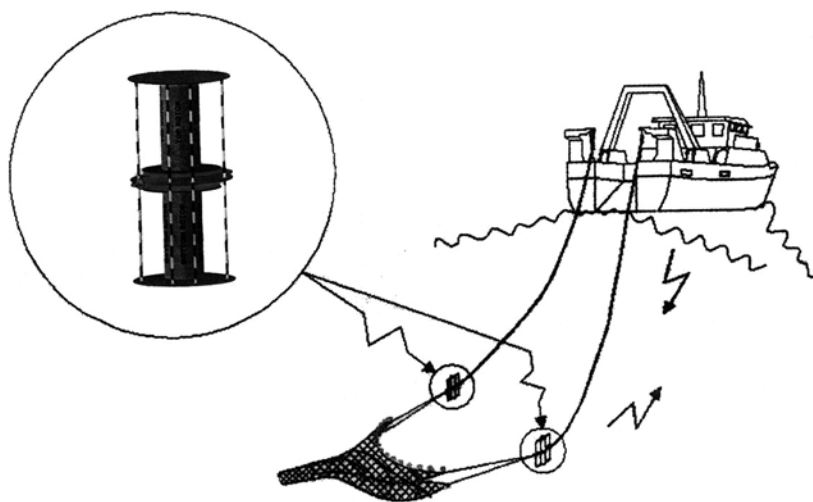


Рис. 15. Схема разрабатываемой системы с дистанционным управлением с судна с помощью гидроакустических сигналов, передаваемых по бескабельной акустической линии связи с реальной траловой доской VTVD (в круге)

лов, передаваемых по бескабельной акустической линии связи.

В статье [Havsø, 2010] указывается, что норвежская фирма по изготовлению орудий рыболовства «Egersund Trål» проводит работы по разработке траловых досок с изменяемыми характеристиками непосредственно во время траления.

На рис. 16 представлен прототип траловой доски с дистанционно изменяемой площадью путём открытия своего рода люков в верхней или нижней частях доски по управляющим акустическим сигналам с траулера.



Рис. 16. Одна из траловых досок фирмы «Egersund Trål» (на поверхности воды) с изменяемой площадью её поверхности

Как можно видеть из изложенного, а также исходя из данных, приведённых в работе В.А. Сафронова [2010], на рыболовных судах в настоящее время широко применяется гидроакустическая линия передачи информации с трала на судно как при пелагических, так и при донных тралениях.

В связи с этим пользователям целесообразно иметь представление о влиянии отрицательной рефракции акустических лучей

(вследствие их изгибания вниз) при уменьшении скорости звука с глубиной, особенно при морских и океанических тралениях. При этом может быть ухудшение или даже пропадание приёма данных с трала на судне или отсутствие приёма сигналов управления в траловой системе. Отрицательная рефракция в основном имеет место в летнее время в умеренных и северных широтах северного полушария, а также и в умеренных и южных широтах южного полушария.

Летом, когда верхние слои воды имеют достаточно высокую температуру, быстро понижающуюся с глубиной, акустические лучи источника колебаний из-за отрицательных градиентов скорости звука (c) нередко резко отклоняются вниз, т. е. наблюдается «отрицательная» рефракция (рис. 17).

Водная среда оказывается разделённой на две принципиально различные зоны: зону тени (на рис. 17 заштрихована) и зону акустической освещённости. Нахождение приёмников $П_1, П_2, П_3$ в зоне акустической освещённости или зоне тени зависит от расстояния до источников звука $И_1, И_2, И_3$ и от их положения по глубине.

На рис. 17 [Тарасюк, Серавин, 1973] акустически освещённые зоны показаны белым цветом, зоны тени — «мёртвые» — штриховкой, отсюда можно видеть, что лишь в одной ситуации, а именно, при нахождении источника акустических колебаний бескабельного прибора контроля трала на небольшой глубине ($И_1$, рис. 17 а) и достаточно небольшом расстоянии между тралом и судном ($П_0$) приёмная часть судовой аппаратуры будет находиться в освещённой зоне и будет осуществлён приём данных с трала. Аналогичная ситуация будет иметь место при излучении сигналов управления в зону траловой системы. При большей дистанции между тралом и судном, что может быть при реальных тралениях, приёмная часть прибора ($П'_1, П''_1$) будет находиться в «мёртвой» — акустически неосвещённой зоне — информация не будет принята и будет приниматься лишь в точке $П'''_1$. При нахождении источника акустических колебаний на больших глубинах (рис. 17 б) данные с трала не будут приняты на судне при любых расстояниях между тралом и траулером. Аку-

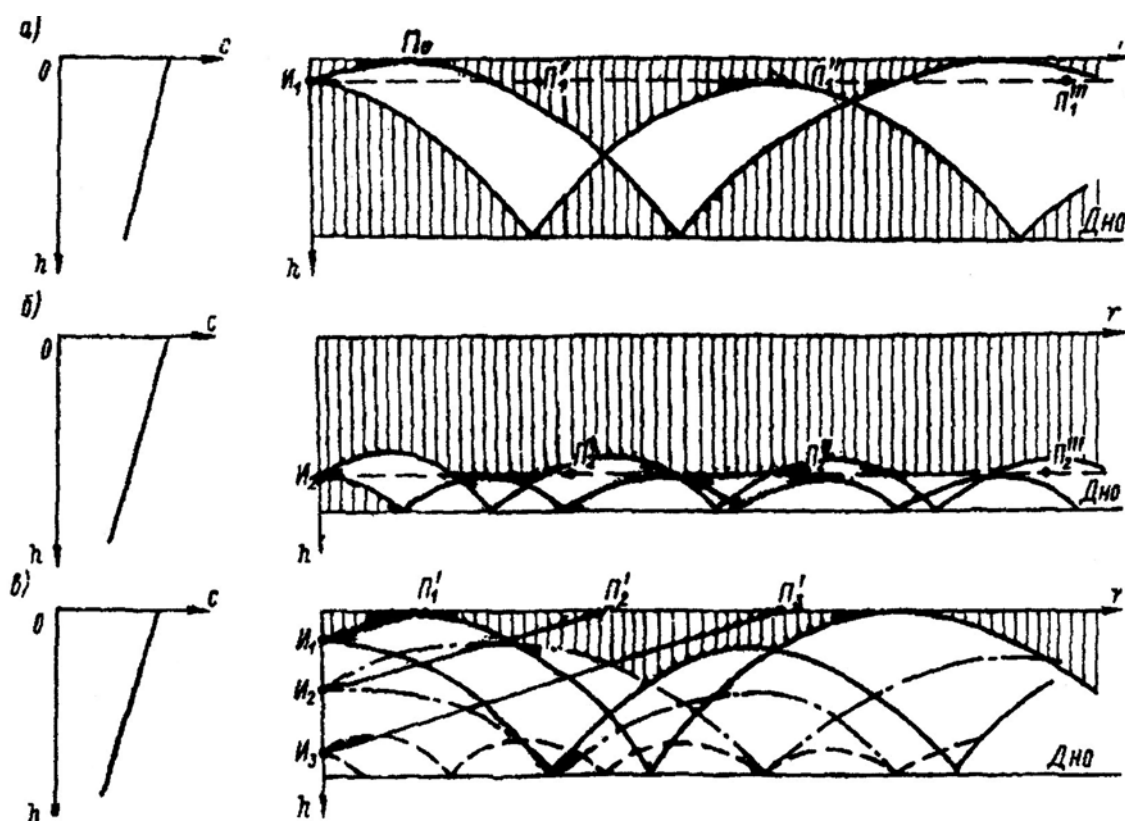


Рис. 17. Влияние гидрологических условий на распространение акустических колебаний с орудия лова на судно при отрицательной рефракции [Тарасюк, Серавин, 1973]

стические сигналы управления с судна также не будут приниматься.

Это нередко вызывает у эксплуатационников сомнения в исправности аппаратуры, не вполне правильной установке приборов на трале, в недостатках её электропитания от аккумуляторов или батарей. Если указанные возможные причины могут быть выявлены пользователем, то для установления возможного влияния отрицательной рефракции необходимо построение лучевых картин распространения акустических колебаний.

Возможным вариантом приёма информации с трала в указанной ситуации может быть опускание приёмного гидрофона на большую глубину, что связано с существенным усложнением бортовой аппаратуры и её эксплуатации в реальных условиях промысла (так как приёмные гидрофоны аппаратуры устанавливаются или в корпусе судна, или буксируются на небольшой глубине). Также может быть переход на кабельную линию связи, как это было предусмотрено в траловом зонде СКОЛ 2000Р.

При отсутствии кабельной линии возможным решением может быть добавление к зонду одного или нескольких блоков приёма-передачи (трансляции) информации с центрального тралового блока, с помощью устанавливаемых на траловом ваере в зоне акустической освещённости, а при передаче с судна акустических сигналов управления параметрами траловой системы более обеспечивающих качественный приём в зоне трала (рис. 18).

На рис. 18 показана схема работы телеметрической аппаратуры с дополнительными блоками трансляции информации, где изображены: трал (1); центральный траловый блок (2); траловые ваера (3); траулер (4); зона приёма гидрофона или передатчика сигналов управления в систему трала (5); зоны акустической освещённости (6) и блоки (7) трансляции данных центрального тралового блока (2). Зоны акустической тени заштрихованы.

Работа тралового зонда с дополнительными блоками трансляции осуществляется следующим образом. Промысловик обычно представ-

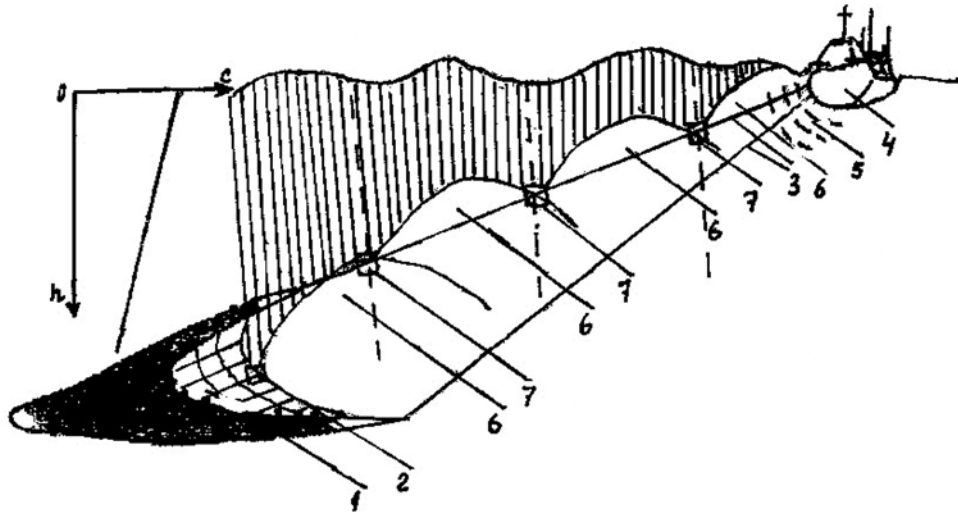


Рис. 18. Схема тралового зонда с дополнительными блоками трансляции с лучевой картиной распространения акустических колебаний и нанесёнными на неё положениями рыболовного трала, центрального тралового блока, траловых ваеров, траулера с приёмным гидрофоном и судового передатчика, и блоками трансляции данных центрального тралового блока или сигналов управления судового передатчика

ляет, на каких глубинах он будет выполнять траления во время своего рейса. Поэтому перед началом работы в районе лова, особенно в летнее время, он должен построить картину распространения акустических лучей по глубине. В морских и океанических промысловых районах солёность воды известна и практически постоянна, поэтому профили скорости звука соответствуют профилям температуры, и построение так называемых лучевых картин не вызывает сложностей [Кудрявцев, 1978]. Зоны акустической тени на рис. 17 и 18 заштрихованы.

На лучевую картину наносится положение трала, центрального тралового блока (2) (источника колебаний), траловых ваеров (3), траулера (4), зон акустической освещённости и зон акустической тени. Исходя из этого определяются места установки блоков (7) трансляции данных блока (2) на одном из ваеров таким образом, чтобы они находились на меньших глубинах относительно друг друга, но оставались в районах зон акустической освещённости, пересекающих траловый ваер. На рис. 18 приведён соответствующий пример с тремя блоками трансляции (7), обеспечивающими надёжную передачу информации данных блока (2) на траулер. При установке первого блока трансляции (7) (левого на рис. 18) на ваере (3) в зоне акустической освещённости

(6) (которая уже будет ближе к поверхности воды), он принимает данные центрального тралового блока (2) и передаёт их в направлении второго (следующего) блока трансляции (7), который также установлен на ваере (3) (зона акустической освещённости (6) для его положения будет ещё ближе к поверхности воды) и т. д. Для показанного на рис. 18 третьего блока трансляции (7) зона акустической освещённости (6) будет находиться уже у поверхности воды и информация центрального тралового блока (2) будет принята на борту траулера (4). Соответственно, при передаче сигналов управления в сторону трала верхняя граница зоны акустической освещённости (6) будет находиться ниже верхней границы зоны акустической освещённости (6) судового передатчика.

Гидроакустическая биотелеметрия

Ещё в 70-е гг. гидроакустическая биотелеметрия использовалась при решении рыбохозяйственных задач. Так, акустические метки были успешно применены для обнаружения зимовальных скоплений сазана в оз. Мендота (США, штат Висконсин) с целью их эффективного облова. В течение осени и зимы 1974–1976 гг. на этом озере исследовали суточные перемещения 17 сазанов размером 58–79 см, в брюшную полость которых хи-

ругическим путём были имплантированы акустические передатчики, сигналы которых могли направленно обнаруживаться с расстояния до 3 км. Предполагалось, что меченые рыбы объединятся со скоплениями своей популяции и можно будет определить места для наиболее эффективного промысла этого вида [Гусар, Саранчов, Пьянов, 1988].

Рыб, меченных ультразвуковыми передатчиками, выпускали группами в разных местах озера площадью 3940 га и средней глубиной 12,1 м. Наблюдения вели с катера и надувной лодки, а после замерзания озера был использован снегоход. В результате наблюдений было установлено, что в конце ноября — начале декабря все меченые рыбы собрались в двух локальных участках в северной части озера, удалённых друг от друга на расстояние более 1,5 км. При этом рыбы неоднократно переходили из одного участка на другой и обратно. Один из участков был ранее известен хорошими уловами, другой был новым для рыбаков и на этом участке был проведён контрольный лов рыбы жаберной сетью длиной 100 м с ячейей 200 мм. После выдержки поставленной сети в течение 15 мин было поднято 1800 кг крупного сазана средней массой более 4 кг, в то время как в уловах контрольной сети, поставленной за пределами указанного участка и выдержанной в течение 1 ч, улова не было. В течение месяца на обнаруженном с помощью телеметрического прослеживания зимнем скоплении сазана было выловлено 464 ц рыбы.

Аналогичные работы были выполнены в своё время российскими специалистами во время нерестовой миграции осетровых в дельте р. Урал. Акустическими передатчиками были помечены особи севрюги размером 80—130 см. Наблюдения за мечеными рыбами вели в промысловой зоне на участке протяжённостью 10 км. В результате телеметрического прослеживания меченой севрюги было обнаружено скопление мигрирующих рыб. Контрольный лов закидным неводом в указанном месте дал уловы, в 5—6 раз превышающие уловы рыбы на других тонях. Общий вылов осетровых в этом месте за две недели составил 500 ц [Саранчов, 1988].

В настоящее время акустические метки в основном используются при рыбохозяйственных исследованиях как в пресноводных,

так и морских районах. Применяются следующие способы работы с акустическими метками при экспериментальных исследовательских работах. Первый заключается в слежении за помеченным объектом с некоторого плавсредства. Второй состоит в установке меток на ряде объектов и периодической проверке их местонахождения. Используются большей частью излучающие метки и метки приёмо-ответчики.

Успехи в развитии элементов микроэлектроники, используемых как в акустических метках, так и в связанных с ними приёмных и обрабатывающих системах, в т. ч. с автоматическим выделением сигналов меток позволили существенно расширить диапазон их практического применения.

Французские учёные [Acolas et al., 2004] применяли акустические метки с датчиками давления (глубины) для детальной оценки и изучения миграции вверх по течению и репродуктивного поведения сельди в реке Aulne (Brittany, Франция). Кроме способов слежения за помеченными рыбами с плавучего средства все более широкое распространение получают более крупномасштабные методы, использующие большое количество акустических меток и приёмных устройств. Так, рассматриваются результаты слежения с использованием акустических меток за гигантскими сомами (*Pangasianodon gigas*), эндемиками бассейна р. Меконг (Тайланд) с перекрытием диапазона слежения порядка 110 км [Arai et al., 2005]. Это один из наибольших пресноводных сомов в мире. Генераторы меток формировали кодированные импульсы, благодаря чему 256 разных рыб могли идентифицироваться на одной и той же рабочей частоте с помощью указанной системы. Информация, включая номер излучателя и время, регистрировалась, когда рыбы с меткой проходили в пределах диапазона обнаружения приёмника.

Egli D.P. и Babcock R.C. [2004] использовали акустическую систему автоматического слежения для оценки присутствия и отсутствия индивидуальных особей окуня в пределах морского заповедника (*Pargus auratus*) в северной части прибрежной зоны Новой Зеландии. В течение южного лета 2001/2002 гг. система из семи ненаправленных гидрофонов VR2 фирмы «Vemco» (Канада) была установлена на

глубинах 20–30 м вокруг центра морского заповедника. Она перекрывала площадь 5,4 км² (примерно 3 км в длину и 1,5 км в ширину).

Акустические метки использовались при исследованиях поведения и контроля присутствия находящегося под угрозой исчезновения европейского осетра (*Acipenser sturio*) в южной части атлантического побережья Франции в 1999 г. [Lepage et al., 2005]. Акустические метки использовались при исследованиях крабов [Bernárdez et al., 2005]. С помощью акустических меток изучали миграции пресноводного атлантического лосося (*Salmo salar*) [Carr et al., 2005]. Акустические метки использовались при слежениях за омарами (*Homarus gammarus*) и горбылями (*Sciaena umbra*) (Триест, Италия) [Picciulin et al., 2005]. Миниатюрные акустические метки были применены при слежении за небольшими рыбами (окунь и плотва) [Russel et al., 2005] на юго-востоке Англии. Акустические метки использовались в Норвегии (во фьорде западной части страны) для оценки распределения лососей, ускользнувших из садков рыбоводных ферм [Skilbrei et al., 2010].

В летние периоды (для южного полушария) 2002–2003 и 2006–2007 гг. применяли гидроакустический мониторинг распределения молоди южных синепёрых тунцов (*Thunnus maccoyii*), особенно одно- и двух- годового возраста, в зоне континентального шельфа юго-западного побережья Австралии [Honda et al., 2010]. N.J. Downey с коллегами [2010] использовали акустическую теле-

метрию для изучения влияния окружающих условий на нерестующие агрегации кальмара *chukka*. Серии гексагональных приёмных акустических устройств VR2 фирмы «Vemco» были заякорены в зоне активных нерестующих концентраций кальмара в заливе Kromme (Южная Африка). Акустическая телеметрия использовалась для изучения стратегий поведения атлантической трески во время миграций пост-смортов атлантического лосося в пределах норвежского фьорда Eresfjord [Hedger et al., 2011]. В марте 2011 г. Nichol и Somerton [2011] закончили следующий этап мечения крабов опилио для продолжающегося изучения их сезонных миграций в восточной части Берингова моря. Метки обеспечивали регистрацию глубины через одноминутные интервалы и температуру через тридцатиминутные интервалы.

В 2012–2014 гг. использовалась пассивная акустика для контроля миграций финвалов в южной части Чукотского моря с помощью автоматической системы контроля и распознавания их звуков и активной эхолокации для оценки обилия биомассы зоопланктона на 4 частотах: 125, 200, 455 и 789 кГц.

Более подробно методические аспекты использования гидроакустической биотелеметрии при исследованиях в рыбном хозяйстве, тактико-технические характеристики соответствующих средств рассмотрены в сборнике «Proceeding of the Fifth Conference on Fish Telemetry» 2005 г. и монографии [Кудрявцев, 2013].

Таблица 1. Основные характеристики некоторых акустических меток компании NTI USA Inc.

Тип метки NTI	Диаметр, мм	Длина, мм	Объём, см ³	Частота, кГц	Уровень источника, дБ/µPa	Масса в воде, г
795-Lm	6,8	17,5	0,28	307	149	0,34
795-LD	6,8	20,0	0,45	307	152	0,55
795-LS	11,0	25,0	1,40	307	152	3,10
795-LY	16,0	48,0	5,70	307	152	7,30
795-LZ	16,0	69,0	12,0	307	152	14,0
900-s	6,0	16,0	0,28	307	152	0,29
900-Lm	6,0	19,0	0,31	307	152	0,34
900-LB	9,0	18,0	0,50	307	152	0,30
900-LD	9,0	20,0	0,56	307	152	0,40

В настоящее время наибольшее количество средств гидроакустической биотелеметрии выпускается фирмой NTI USA Inc.

В табл. 1 приведены основные характеристики некоторых акустических меток компании NTI USA Inc.

В конце 2016 г. указанная фирма объединилась с канадской фирмой VEMCO и называется NTI VEMCO USA Inc.

Был проведён сравнительный анализ характеристик двух методов формирования сигналов акустических меток, их приёма и обработки: бинарно-фазового кодирования и кодирования периода повторения излучений, в т. ч. при одинаковых длительностях импульсов и уровне источника, SL. В связи с тем, что при кодировании периода повторения используется вся энергия в импульсе для обнаружения, слежения и идентификации меток, этот метод имеет более высокие характеристики по дальности. В результате будет требоваться меньшее количество приёмных гидрофонов для перекрытия исследуемой зоны [Ehrenberg, Steig, 2009].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Если до 60-х гг. прошлого века рыбаки могли с помощью бортовой гидроакустической аппаратуры вертикальной и горизонтальной локации получать информацию лишь о рыбе в водной среде, то с развитием систем рыбохозяйственной акустической телеметрии у них появилась возможность дистанционного получения данных о рыбе и непосредственно в зоне действия орудия лова, а также о его состоянии, характеристиках и о подводной обстановке (температуре, скорости и направлении подводных течений и др.). Современные средства акустической телеметрии позволяют обеспечить промысловиков максимумом данных для эффективного облова в разных условиях. Необходимо лишь надлежащим образом и правильно её использовать.

Развитие систем акустической телеметрии способствует добавлению измерительных функций траловым системам, что важно при учётных траловых и тралово-акустических съёмках.

Всё большее внимание уделяется работам по созданию устройств дистанционного управления характеристиками траловых систем непосредственно во время тралений.

ЛИТЕРАТУРА

- Аристов Т.И., Кудрявцев В.И. 1980. Новый траловый зонд // Рыбное хозяйство. № 5. С. 61–65.
- А.с. СССР № 184181. 1965. Гидролокационное устройство для определения положения косяка относительно трала. Петров Г.П., Кудрявцев В.И., Орлов Ю.В. Бюл. № 15.
- А.с. № 561545 СССР. 1975. Датчик степени заполнения кутка трала рыбой. Круковер М.И., Кудрявцев В.И. Бюл. № 22.
- А.с. СССР № 713553. 1980. Способ определения перегиба трала. Хромов В.А., Краснов В.Б. Бюл. № 5.
- А.с. № 1618363 СССР. 1988. Устройство для контроля перегиба трала. Кудрявцев В.И. Бюл. № 1.
- А.с. № 1779308 СССР. 1990. Устройство для контроля разности длин ваеров. Кудрявцев В.И. Бюл. № 11.
- А.с. № 1764601 СССР. 1992. Способ определения степени наполнения мешка рыболовного трала рыбой. Кудрявцев В.И. Бюл. № 11.
- Баранов Ф.И. 1960. Техника промышленного рыболовства. М.: Пищевая пром-сть. 596 с.
- Гусар А.Г., Саранцов, Пьянов А.И. 1988. Применение биотелеметрии в рыбоводстве // Физические поля в рыбоводстве. М.: Агропромиздат. С. 52–74.
- Зубарев И.А., Кудрявцев В.И. 1983. Прибор контроля наполнения трала «Эридан» // Рыбное хозяйство. № 6. С. 58–61.
- Инрыбпром-80. Советский раздел. 1980 // Рыбное хозяйство. № 7. С. 75–76.
- Кореньков А.И. 1986 а. Блоки гидроакустические «АГАТ-19,7/25,5» // ЭИ ЦНИИТЭИРХ. Сер. Промысл. радиоэлектр. аппар-ра и подв. техника. Вып. 5. С. 1–4.
- Кореньков А.И. 1986 б. Траловый зонд для малотоннажных судов // ЭИ ЦНИИТЭИРХ. Сер. Промысл. радиоэлектр. аппар-ра и подв. техника. Вып. 2. С. 1–5.
- Кореньков А.И. 1987. Траловый зонд для крупнотоннажных судов // ЭИ ЦНИИТЭИРХ. Сер. Промысл. радиоэлектр. аппар-ра и подв. техника. Вып.1. С. 1–8.
- Кореньков А.И., Красавин В.А., Тищенко Ю.П. 1980. Рыбопромысловый глубоководный гидроакустический комплекс «Дейма» // ЭИ ЦНИИТЭИРХ. Сер. Промысл. радиоэлектр. аппар-ра и подв. техника. Вып. 1. 14 с.
- Красавин В.А. 1985. Опыт эксплуатации тралового гидролокатора «Инструч» // ЭИ ЦНИИТЭИРХ. Сер. Промысл. радиоэлектр. аппар-ра и подв. техника. Вып. 5. С. 4–9.
- Краснов В.Б. 1970. Сравнительные испытания способов измерения заполнения трала // Рыбное хозяйство. № 5. С. 46–47.

- Краснов В.Б., Овечкин В.В. 1979. Использование прибора «Улов» на промысловых судах // Рыбное хозяйство. № 8. С. 42–44.
- Кручинин О.Н., Мизюркин М.А., Сафронов В.А. 2011. Способ определения коэффициентов уловистости донного трала // Известия ТИНРО. Т. 164. С. 374–383.
- Кудрявцев В.И., Романенков Б.С. 1965. Морские испытания сетного зонда // Рыбное хозяйство. № 5. С. 40–41.
- Кудрявцев В.И. 1970. Телеметрическая аппаратура контроля параметров трала // Рыбное хозяйство. № 4, 5. С. 59–63, 35–39.
- Кудрявцев В.И. 1972. Телеметрическая аппаратура контроля параметров орудий промысла. М.: Пищ. пром-сть. 360 с.
- Кудрявцев В.И. 1978. Промысловая гидроакустика и рыболокация. М.: Пищ. пром-сть. 305 с.
- Кудрявцев В.И. 1979 а. Использование гидроакустики в рыбном хозяйстве. М.: Пищ. пром-сть. 175 с.
- Кудрявцев В.И. 1979 б. Результаты эксплуатации аппаратуры контроля наполнения трала рыбой «Оберон» // ЭИ ЦНИИТЭИРХ. Сер. Промысл. радиоэлектр. аппар-ра и подв. техника. Вып. 8. С. 1–13.
- Кудрявцев В.И. 2013. Дистанционный контроль и управление поведением гидробионтов. Lap Lambert Academic Publishing. Saarbrücken, Deutschland, 675 с.
- Кудрявцев В.И., Шубный Н.В. 1988. Универсальные траловые зонды «СКОЛ-2000Р» // Рыбное хозяйство. № 11. С. 63–68.
- Кудрявцев В.И. 1994. Дистанционный контроль процессов разноглубинного тралового лова. Автореф. дисс. ... док. техн. наук. М.: ВНИРО. 48 с.
- Пат. РФ № 2275021 С2. 2006. Способ определения коэффициента уловистости трала. Чурунов В.Н. Бюл. № 12.
- Пат. РФ № 2346432. 2007 а. Способ определения коэффициента уловистости трала. Кудрявцев В.И. Бюл. № 5.
- Пат. РФ № 2343704. 2007 б. Устройство для предотвращения выхода рыбы из трала. Кудрявцев В.И. Бюл. № 2.
- Пат. РФ № 2473789. 2011. Способ определения коэффициента уловистости трала. Кудрявцев В.И. Бюл. № 34.
- Пат. РФ № 2483535. 2013. Способ определения селективности трала. Кудрявцев В.И. Бюл. № 16.
- Кухоренко К.Г., Сигаев И.К., Лукацкий В.Б., Чередниченко Ю.П., Гербер Е.М., Нестеров А.А., Нигматуллин Ч.М., Касаткина С.М., Фролкина Ж.А., Анисеев В.Г. 2013. Промысловое описание продуктивных районов Атлантического океана ФГУП АтлантНИРО. Калининград: Капрос. 415 с.
- Лапшин О.М. 2009. Подходы к определению коэффициента уловистости учётных тралов // Известия ТИНРО. Т. 157. С. 247–260.
- Орлов Ю.В. 1969. Прибор контроля горизонта хода трала «Глубина» // Рыбное хозяйство. № 11. С. 34–35.
- Петров Г.П., Холодков В.А. 1986. Новые гидроакустические приборы в разработках НПО промысла // ЭИ ЦНИИТЭИРХ. Сер. Промысл. радиоэлектр. аппар-ра и подв. техника. Вып. 4. С. 5–10.
- Сафронов В.А. 2010. Современные системы контроля орудий лова на судах Дальневосточного бассейна // Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана. Мат. межд. науч. — тех. конф. Владивосток: Дальрыбвтуз. С. 229–231.
- Тарасюк Ю.Ф., Серавин Г.Н. 1973. Гидроакустическая телеметрия. Л.: Судостроение. 176 с.
- Трейцёв А.И. 1974. Научные основы селективного рыболовства. М.: Пищ. пром-сть. 182 с.
- Acolas M.L., Anras M.L.B., Véron V., Jourdan H., Sabatié M.R., Baglinière J.L. 2004. An assessment of the upstrim migration and reproductive behaviour of allis shad (*Alosa alosa* L.) using acoustic tracking. // ICES J. Mar. Science, 61, p. p.1291–1304.
- Arai N., Mitamura H., Mytsunaga Y., Viputhanumas T. 2005. Mekong giant cat-fish project (MCTP): preliminary results in 2002 // Proc. of the Fifth Conference on Fish Telemetry. Ustica, Italy, 9–13 June 2003. Rome. P. 125.
- Bernárdez C., González-Gurriarán E., García-Calvo, Corgos A., Freire J. 2005. Movements of juvenile and adult spider crab (*Maja squinado*) in the Ria da Coruña (N-W Spain) // Proc. of the Fifth Conference on Fish Telemetry. Ustica, Italy, 9–13 June 2003. Rome. P. 133–139.
- Carr J., Whoriskey F., Courtemanche D. 2005. Landlocked Atlantic salmon: movements to sea by a putative freshwater life history form // Proc. of the Fifth Conference on Fish Telemetry. Ustica, Italy, 9–13 June 2003. Rome. P. 141–150.
- Downey N.J., Roberts M.J., Baird D. 2010. An investigation of the spawning behaviour of the chukka squid *Loligo reynaudii* and the potential effects of temperature using acoustic telemetry // JCES J. of Mar. Science, 67: 231–243.
- Egli D.P., Babcock R.C. 2004. Ultrasonic tracking reveals multiple behavioural modes of snapper (*Pargus auratus*) in a temperate no take marine reserve // ICES J. of Mar. Science, 61, p. p.1137–1143

- Ehrenberg J.E., Steig T.W. 2003. Improved techniques for studying the temporal and spatial behaviour of fish in a fixed location. *ICES J. Mar. Sci.* 60, 700–6.
- Ehrenberg J.E., Steig T.W. 2009. A study of the relationship between tag signal characteristic and achievable performances in acoustic fish-tag studies // *ICES J. of Mar. Science*, 66, pp. 1278–1283.
- Havsø B. 2010. Remote trawl door control — at last! // *Fish. News Int.*, January 2010, P. 21.
- Hedger R.D., Uglem I., Thorsyad E.B., Finstad B., Chittenden C.D., Arechavala-Lopez P., Jensen A.J., Nilson R., Økland F. 2011. Behaviour of Atlantic cod, a marine fish predator, during Atlantic salmon post-smolt migration // *ICES J. of Mar. Science*, 68 (10): 2152–2162.
- Honda K., Hobday A.J., Kawabe R., Tojo N., Fujioka K., Takao Y. and Miyashita K. 2010. Age-dependent distribution of juvenile southern bluefin tuna (*Thunnus maccoyii*) on the continental shelf off southwest Australia determined by acoustic monitoring // *Fisheries Oceanography*, 19:2: 151–158.
- ICES Cooperative Report N215. 1996. Manual of methods of measuring the selectivity of towed fishing gears. Paløegade 2–4DK-1261 Copenhagen K. Denmark. Pp. 6–7. www.simrad.com.
- Tsuji K., Otsuki M., Akamatsu T., Matsuo I., Amakasu K., Kitamura M., Kikuchi T., Miyashita K., Mitani Y. 2016. The migration of fin whales into the southern Chukchi Sea as monitoring with passive acoustics // *ICES J. of Ma. Science*, September 2016, 73, N8, pp. 2085–2092.
- Lepage M., Taverny C., Piefort S., Dumont P., Rochard E., Brosse L. 2005. Juvenile sturgeon (*Acipenser sturio*) habitat utilization in the Gironde estuary as determined by acoustic telemetry // *Proc. of the Fifth Conference on Fish Telemetry*. Ustica, Italy, 9–13 June 2003. Rome. Pp. 169–177.
- Nichol D., Somerton D. 2011. Male Snow Crab Migration in the Eastern Bering Sea. // *Alaska Fisheries Sc. Center, Quart. Rep.* Pp. 17–23.
- Picciulin M., Umani M., Costantini M., Spoto M., Ferrero E.A. 2005. Preliminary results from an exploratory translocation study at the Natural Marine Reserve of miramare (Trieste, Italy) // *Proc. of the Fifth Conference on Fish Telemetry*. Ustica, Italy, 9–13 June 2003. Rome. Pp. 203–211.
- Goldsmith D., Cook A.C., Parrot D., Allcock J., Barry J. 2005. Habitat use by roach (*Rutilus rutilus*) and perch (*Perca fluviatilis*) in response to presence of cormorants (*Phalacrocorax carbo* L.) and artificial refuges // *Proc. of the Fifth Conference on Fish Telemetry*. Ustica, Italy, 9–13 June 2003. Rome. Pp. 211–222.
- Shenker M. 2009. Steerable trawl doors — with latest vector thrust system // *Fish. New Int.* P. 20.
- Skilbrei O.T., Holst J.C., Asplin L., Mortensen S. 2010. Horizontal movements of simulated escaped farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) in a western Norwegian fjord // *ICES J. of Mar. Science*, vol. 65: 1206–1215.
- Somerton D.A., Williams K., von Szalay P.G., Rose C.S. 2011. Using acoustics to estimate the fish length selectivity of trawl mesh // *ICES J. of Mar. Science*, 68: 1558–1565.

Поступила в редакцию 22.05.2017 г.
Принята после рецензии 13.12.2017 г.

Equipment for fisheries research

Development of hydroacoustic telemetry and remote control for fishing boats

V.I. Kudryavtsev

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (FSBSI «VNIRO»), Moscow

Although hydroacoustic telemetry appeared in fishing and research boats much later hydroacoustic fishfinding equipment it is now this equipment is increasingly used on fishing boats. The development of hydroacoustic telemetry in the fishing industry began in the late 1950s and early 1960s. Engineers and designers of the fishing industry have played an important role in the development of hydroacoustic fishing telemetry especially Division of Marine Electronics BaltNIRO, then NPO fishing industry. In the early 60's, the analysis and experimental studies of the most feasible data transmission channels from the trawl to the ship were carried out. Devices for monitoring the trawl parameters of fish in their area of operation with a cable communication channel based on logging cables with automatic output and cable sampling were developed. A lot of attention was paid to the research and development of devices to control the degree of filling the trawl with fish. As a result, the instruments "Ulov and Ulov-2", "Oberon" and further "Eridan" were developed and introduced for the first time in the practice of vessels' work. Such devices were developed by foreign firms later. Much attention was paid to the research and development of devices for monitoring the skew and symmetry of the trawl. Acoustic telemetry can help in determining the coefficients of catchability and selectivity of fishing trawls. The development of microelectronics and multi-window display systems has contributed significantly to the development and improvement of fishery telemetry of fishing gears. Especially in recent decades trawl sonars with vertical and horizontal scanning have been developed. Specialists of our fishing industry also for the first time in the world practice created and introduced in practice instruments for controlling the characteristics of the trawl "Actinia" directly in the process of its operation using hydroacoustic control signals.

Keywords: hydroacoustic, fishing boats, telemetry, trawl sonar, trawl remote control.

REFERENCES

- Aristov T.I., Kudryavtsev V.I.* 1980. Novyj tralovyj zond [New trawl echosounder] // Rybnoe khozyajstvo. № 5. S. 61–65.
- A.s. SSSR № 184181.* 1965. Gidrolokatsionnoe ustrojstvo dlya opredeleniya polozheniya kosyaka otnositel'no trala [Acoustic device for determination of the fish shoal position concerning the trawl]. Petrov G.P., Kudryavtsev V.I., Orlov Yu.V. Byul. № 15.
- A.s. SSSR № 561545.* 1975. Datchik stepeni zapolneniya kutka trala ryboj [Sensor for monitoring of the degree of filling of the trawl]. Krukov M.I., Kudryavtsev V.I. Byul. № 22.
- A.s. SSSR № 713553.* 1980. Sposob opredeleniya perekosa trala [Method for determination the of fishing trawl skewing]. Khromov V.A., Krasnov V.B. Byul. № 5.
- A.s. SSSR № 1779308.* 1990. Ustrojstvo dlya kontrolya raznosti dlin vaerov Kudryavtsev V.I. [Device for monitoring the difference in the length of the arms]. Byul. № 11.
- A.s. SSSR № 1764601.* 1992. Sposob opredeleniya stepeni napolneniya meshka rybolovnogo trala ryboj [Method for determining the degree of filling of a bag of fishing trawls]. Kudryavtsev V.I. Byul. № 11.

- Baranov F.I. 1960. Tekhnika promyshlennogo rybolovstva [Industrial fishing techniques]. M.: Pishch. Prom-st'. 596 s.
- Gusar A.G., Saranchov, P'yanov A.I. 1988. Primenenie biotelemetrii v rybovodstve [Application of biotelemetry in fish farming] // Fizicheskie polya v rybovodstve. M.: Agropromizdat. S. 52–74.
- Zubarev I.A., Kudryavtsev V.I. 1983. Pribor kontrolya napolneniya trala «Ehridan» [Trawl filling control device «Eridan»] // Rybnoe khozyajstvo. № 6. S. 58–61.
- Inrybprom-80. Sovetskij razdel. [Inrybprom-80. Soviet section.] 1980// Rybnoe khozyajstvo. № 7. C. 75–76.
- Koren'kov A.I. 1986 a. Bloki gidroakusticheskie «AGAT-19,7/25,5» [Acoustic sounder «AGAT-19,7/25,5»] // EHI TSNIITEHIRKH. Ser. Promysl. radioehlekt. appar-ra i podv. tekhnika. Vyp.5. S. 1–4.
- Koren'kov A.I. 1986 b. Tralovyj zond dlya malotonnazhnykh sudov [Trawl sounder for small tonnage boats] // EHI TSNIITEHIRKH. Ser. Promysl. radioehlekt. appar-ra i podv. tekhnika. Vyp.2. S. 1–5.
- Koren'kov A.I. 1987. Tralovyj zond dlya krupnotonnazhnykh sudov [Trawl sounder for large fishing trawlers] // EHI TSNIITEHIRKH. Ser. Promysl. radioehlekt. appar-ra i podv. tekhnika. Vyp.1. S. 1–8.
- Koren'kov A.I., Krasavin V.A., Tishchenko Yu.P. 1980. Rybopromyslovyy glubokodnyj gidroakusticheskij kompleks «Dejma» [Deepwater acoustic complex «Dejma»] // EHI TSNIITEHIRKH. Ser. Promysl. radioehlekt. appar-ra i podv. tekhnika. Vyp. 1. 14 s.
- Krasavin V.A. 1985. Opyt ehkspluatatsii tralovogo gidrolokatora «Instruch» [Operational experience of trawl sonar «Instruch»] // EHI TSNIITEHIRKH. Ser. Promysl. radioehlekt. appar-ra i podv. tekhnika. Vyp. 5. S. 4–9.
- Krasnov V.B. 1970. Sravnitel'nye ispytaniya sposobov izmereniya zapolneniya trala [Comparative tests of methods for measuring the degree of filling of a fishing trawl with fish] // Rybnoe khozyajstvo. № 5. S. 46–47.
- Krasnov V.B., Ovechkin V.V. 1979. Ispol'zovanie pribora «Ulov» na promyslovykh sudakh [Use of the device «Ulov» on fishing boats] // Rybnoe khozyajstvo. № 8. S. 42–44/
- Kruchinin O.N., Mizyurkin M.A. Safronov V.A. 2011. Sposob opredeleniya koehffitsientov ulovistosti donnogo trala [Method for determining the degree of filling the bottom trawl with fish] // Izvestiya TINRO. T. 164. S. 374–383.
- Kudryavtsev V.I. 1970. Telemetricheskaya apparatura kontrolya parametrov trala [Telemetry equipment for fishing trawl parameters monitoring] // Rybnoe khozyajstvo. № 4, 5. S. 59–63, 35–39.
- Kudryavtsev V.I. 1972. Telemetricheskaya apparatura kontrolya parametrov orudij promrybolovstva [Telemetry equipment for fishing trawl parameters monitoring]. M.: Pishch. prom-st'. 360 s.
- Kudryavtsev V.I. 1978. Promyslovaya gidroakustika i rybolokatsiya [Field hydroacoustics and fishing]. M.: Pishch. prom-st'. 305 s.
- Kudryavtsev V.I. 1979 a. Ispol'zovanie gidroakustiki v rybnom khozyajstve [Use hydroacoustic in fisheries]. M.: Pishch.p-st'. 175 s.
- Kudryavtsev V.I. 1979 b. Rezul'taty ehkspluatatsii apparatury kontrolya napolneniya trala ryboj «Oberon» [The results of the operation of the equipment for controlling the filling degree of a trawl by a fish «Oberon»] // EHI TSNIITEHIRKH. Ser. Promysl. radioehlekt. appar-ra i podv. tekhnika. Vyp. 8. 1–13 s.
- Kudryavtsev V.I. 1988. Ustrojstvo dlya kontrolya perekosa trala [Device for monitoring the skewing of a fishing trawl]. A. s. SSSR № 1618363. Byul. № 1.
- Kudryavtsev V.I. 1994. Distsionnyj kontrol' protsessov raznoglubinnogo tralovogo lova [Acoustic remote monitoring of trawl fishing]. Avtoref. diss. ... dok. tekhn. nauk. M.: VNIRO. 48 s.
- Kudryavtsev V.I. 2013. Distsionnyj kontrol' i upravlenie povedeniem gidrobiontov [Remote monitoring and controlling the behavior of hydrobionts]. Lap Lambert Academic Publishing. Saarbrücken, Deutschland, 675 c.
- Kudryavtsev V.I., Romanenkov B.S. 1965. Morskie ispytaniya setnogo zonda [Marine testing of a prototype trawl zond] // Rybnoe khozyajstvo. № 5. S. 40–41.
- Kudryavtsev V.I., Shubnyj N.V. 1988. Universal'nye tralovye zondy «SKOL-2000R» [Universal trawl sondes «SKOL-2000R»] // Rybnoe khozyajstvo. № 11. S. 63–68.
- Kukhorenko K.G. Sigaev I.K. Lukatskij V.B. Cherednic henko Yu.P. Gerber E.M. Nesterov A.A. Nigmatulin Ch.M. Kasatkina S.M. Frolkina Zh.A. Anikeev B.G. 2013. Promislovoe opisanie produktivnykh raionov Atlanticheskogo okeana [Commercial description of productive areas of Atlantic Ocean and some other areas]. AtlantNIRO. Kaliningrad, Kapros, 2013. 415 s.
- Lapshin O.M. 2009. Podkhody k opredeleniyu koehffitsienta ulovistosti uchetykh tralov [Approaches to the determination of catch factor of fishing trawl] // Izvestiya TINRO. T. 157. S. 247–260.
- Orlov Yu.V. 1969. Pribor kontrolya gorizonta khoda trala «Glubina» [Device of the depth trawl determination «Glubina»] // Rybnoe khozyajstvo. № 11. S. 34–35.
- Petrov G.P., Kholodkov V.A. 1986. Novye gidroakusticheskie pribory v razrabotkakh NPO promrybolovstva [New hydroacoustic devices in development of NPO promrybolovstva] // EHI

- TSNIITEHIRKH. Ser. Promysl. radioelektr. appar-
ra i podv. tekhnika. Vyp. 4. S. 5–10.
- Pat. RF № 2346432. 2007 a. Sposob opredeleniya koehffitsienta ulovistosti trala [Method for determining the catchability factor of a fishing trawl]. Kudryavtsev V.I. Byul. № 5.*
- Pat. RF № 2343704. 2007 b. Ustrojstvo dlya predotvrashcheniya vykhoda ryby iz trala [Device to prevent the fish from leaving the fishing net]. Kudryavtsev V.I. Byul. № 2.*
- Pat. RF № 2473789. 2011. Sposob opredeleniya koehffitsienta ulovistosti trala. [Method for determining the catchability factor of a fishing trawl]. Kudryavtsev V.I. Byul. № 34.*
- Pat. RF № 2483535. 2013. Sposob opredeleniya selektivnosti trala [Method for determining the selectivity of a fishing trawl]. Kudryavtsev V.I. Byul. № 16.*
- Safronov V.A. 2010. Sovremennye sistemy kontrolya orudij lova na sudakh Dal'nevostochnogo bassejna [Modern monitoring systems of fishing gears of our Far East] // Aktual'nye problemy osvoeniya biologicheskikh resursov Mirovogo okeana. Mat. mezhd. nauch. — tekhn. konf. Vladivostok: Dal'rybvtuz. S. 229–231.
- Tarasjuk Yu.F., Seravin G.N. 1973. Gidroakusticheskaya telemetriya [Acoustic Telemetry]. L.: Sudostroenie. 176 s.
- Treshchev A.I. 1974. Nauchnye osnovy selektivnogo rybolovstva [Scientific basis of selective fishing]. M.: Pish. prom-t'. 182 s.
- Pat. RF № 2275021 S2. 2006. Sposob opredeleniya koehffitsienta ulovistosti trala [The method for determining of the catch factor of a fishing trawl]. Churunov V.N. Byul. № 12.*
- Acolas M.L., Anras M.L.B., Véron V., Jourdan H., Sabatié M.R., Baglinière J.L. 2004. An assessment of the upstrim migration and reproductive behaviour of allis shad (*Alosa alosa* L.) using acoustic tracking. // ICES J. Mar. Science, 61, p. p.1291–1304.
- Arai N., Mitamura H., Mytsunaga Y., Viputhanumas T. 2005. Mekong giant cat-fish project (MCTP): preliminary results in 2002 // Proc. of the Fifth Conference on Fish Telemetry. Ustica, Italy, 9–13 June 2003. Rome. P. 125.
- Bernárdez C., González-Gurriarán E., García-Calvo, Corgos A., Freire J. 2005. Movements of juvenile and adult spider crab (*Maja squinado*) in the Ria da Coruña (N-W Spain) // Proc. of the Fifth Conference on Fish Telemetry. Ustica, Italy, 9–13 June 2003. Rome. P. 133–139.
- Carr J., Whoriskey F., Courtemanche D. 2005. Landlocked Atlantic salmon: movements to sea by a putative freshwater life history form // Proc. of the Fifth Conference on Fish Telemetry. Ustica, Italy, 9–13 June 2003. Rome. P. 141–150.
- Downey N.J., Roberts M.J., Baird D. 2010. An investigation of the spawning behaviour of the chukka squid *Loligo reynaudii* and the potential effects of temperature using acoustic telemetry // JCES J. of Mar. Science, 67: 231–243.
- Egli D.P., Babcock R.C. 2004. Ultrasonic tracking reveals multiple behavioural modes of snapper (*Pargus auratus*) in a temperate no take marine reserve // ICES J. of Mar. Science, 61, p. p.1137–1143
- Ehrenberg J.E., Steig T.W. 2003. Improved techniques for studying the temporal and spatial behaviour of fish in a fixed location. ICES J. Mar. Sci. 60, 700–6.
- Ehrenberg J.E., Steig T.W. 2009. A study of the relationship between tag signal characteristic and achievable performances in acoustic fish-tag studies // ICES J. of Mar. Science, 66, pp.1278–1283.
- Havsø B. 2010. Remote trawl door control — at last! // Fish. News Int., January 2010, P. 21.
- Hedger R.D., Uglem I., Thorsyad E.B., Finstad B., Chittenden C.D., Arechavala-Lopez P., Jensen A.J., Nilson R., Økland F. 2011. Behaviour of Atlantic cod, a marine fish predator, during Atlantic salmon post-smolt migration // JCES J. of Mar. Science, 68 (10): 2152–2162.
- Honda K., Hobday A.J., Kawabe R., Tojo N., Fujioka K., Takao Y. and Miyashita K. 2010. Age-dependent distribution of juvenile southern bluefin tuna (*Thunnus maccoyii*) on the continental shelf off southwest Australia determined by acoustic monitoring // Fisheries Oceanography, 19:2: 151–158.
- ICES Cooperative Report N215. 1996. Manual of methods of measuring the selectivity of towed fishing gears. Paløgade 2–4DK-1261 Copenhagen K. Denmark. Pp. 6–7. www.simrad.com.
- Tsuji K., Otsuki M., Akamatsu T., Matsuo I., Amakasu K., Kitamura M., Kikuchi T., Miyashita K., Mitani Y. 2016. The migration of fin whales into the southern Chukchi Sea as monitoring with passive acoustics // ICES J. of Ma. Science, September 2016, 73, N8, pp. 2085–2092.
- Lepage M., Taverny C., Piefort S., Dumont P., Rochard E., Brosse L. 2005. Juvenile sturgeon (*Acipenser sturio*) habitat utilization in the Gironde estuary as determined by acoustic telemetry // Proc. of the Fifth Conference on Fish Telemetry. Ustica, Italy, 9–13 June 2003. Rome. Pp.169–177.
- Nichol D., Somerton D. 2011. Male Snow Crab Migration in the Eastern Bering Sea. // Alaska Fisheries Sc. Center, Quart. Rep. Pp.17–23.
- Picciulin M., Umani M., Costantini M., Spoto M., Ferrero E.A. 2005. Preliminary results from an exploratory translocation study at the Natural Marine Reserve of miramare (Trieste, Italy) // Proc. of the Fifth Conference on Fish Telemetry. Ustica, Italy, 9–13 June 2003. Rome. Pp. 203–211.

- Goldsmith D., Cook A.C., Parrot D., Allcock J., Barry J. 2005. Habitat use by roach (*Rutilus rutilus*) and perch (*Perca fluviatilis*) in response to presence of cormorants (*Phalacrocorax carbo* L.) and artificial refuges // Proc. of the Fifth Conference on Fish Telemetry. Ustica, Italy, 9–13 June 2003. Rome. Pp. 211–222.
- Shenker M. 2009. Steerable trawl doors — with latest vector thrust system // Fish. New Int. P. 20.
- Skilbrei O.T., Holst J.C., Asplin L., Mortensen S. 2010. Horizontal movements of simulated escaped farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) in a western Norwegian fjord // ICES J. of Mar. Science, vol. 65: 1206–1215.
- Somerton D.A., Williams K., von Szalay P.G., Rose C.S. 2011. Using acoustics to estimate the fish length selectivity of trawl mesh // ICES J. of Mar. Science, 68: 1558–1565.

TABLE CAPTIONS

FIGURE CAPTIONS

- Fig. 1.** Spatial arrangement of directional characteristics of a trawling sonar of “Instruch”
- Fig. 2.** Scheme of functioning of the sensor of a trawl distortion
- Fig. 3.** Display of an echo from fish and the bottom by the scanning trawling sonar of FS20/25 in a trawl transverse section at stay it near bottom
- Fig. 4.** Display of results of scanning by a trawling sonar of FS20/25 in a forward zone of a trawl (above) and in the transversal plane of a trawl (below) on two half of the screen of the display
- Fig. 5.** An example of results of scanning of a zone of a trawl in the horizontal plane with trawling sonar of FS20/25
- Fig. 6.** An example of display from a part of the display of the relevant information (from left to right)
- Fig. 7.** New Scanmar sensor of trawl contact with a bottom
- Fig. 8.** Scheme of functioning of the new Scanmar sensor:
a — trawling on a bottom; b — its deviation from the bottom
- Fig. 9.** Installation of the separate sensor of a catch Scanmar:
1 — slings of fastening; 2 — antenna of the sensor; 3 — direction on the vessel; 4 — control circuit situation
- Fig. 10.** Scheme of installation of the multistage sensor of a catch: at the left the main unit of acoustic data transmission about a catch, on the right — the last stage is shown
- Fig. 11.** An example of installation of three devices of measurement of speed and flow direction in different sites of a trawl and their current indications
- Fig. 12.** Example of the indication generalized data on work of trawling system by system Scanmar
- Fig. 13.** An example of display of observed data and monitoring of characteristics and parameters of trawling system on the display screen Scanmar
- Fig. 14.** The scheme of placement of the Aktiniya-M complex on the vessel and a trawl:
1 — vessel; 2 — control unit; 3 — trawling board; 4 — hydroacoustic antenna of the control unit; 5 — trawling vayer; 6 — trawl; 7 — trawling block; 8 — draft; 9 — exhaust ends; 10 — a valve setny in the course of sweeping; 11 — a valve setny in the course of selection of a trawl
- Fig. 15.** The scheme of the developed system with distance steering from the vessel by means of the hydroacoustic signals transferred on a cable-free acoustic communication link with an actual trawling board of VTVD (in a circle)
- Fig. 16.** One of trawling doors of Egersund Trål (on a water surface) with a changeable area of its surface
- Fig. 17.** Influence of hydrological conditions on distribution of acoustic vibrations from the fishing tool on the vessel at the negative refraction [Tarasyuk, Seravin, 1973]
- Fig. 18.** The scheme of the trawling probe with padding blocks of broadcasting with a beam picture of distribution of acoustic vibrations and provisions of a fishing trawl, the central trawling block, trawling vayer, the trawler applied on it with a receiving hydrophone and the ship transmitter, and blocks of broadcast of data of the central trawling block or signals of management of the ship transmitter