
ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО. АКУСТИКА

УДК 639.2

В.В. Кудакаев, А.Н. Бойцов

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИБКИХ РАСПОРНЫХ УСТРОЙСТВ

Вооружение рыболовных тралов экологически безопасной, удобной в использовании и нетрудоемкой в изготовлении оснасткой траловых систем – одна из задач совершенствования технических средств океанического рыболовства. Альтернативой обеспечения горизонтального раскрытия устья тралов представлены устройства, состоящие из гибких элементов. Рассмотрены их достоинства и недостатки. Выделено наиболее перспективное устройство из гибких элементов.

Ключевые слова: трал, распорные устройства, гибкие распорные устройства для горизонтального раскрытия рыболовных тралов.

V.V. Kudakaev, A.N. Boitsov

PROSPECTS FOR THE USE OF FLEXIBLE OTTER DEVICES

Rigging of fishing trawls with environmentally-friendly, easy to use and not labor-intensive rigging for trawl systems is one of the goals for improvement of technical means for ocean fisheries. The flexible otter devices for horizontal trawl mouth spreading are outlined as an alternative. Their advantages and disadvantages are considered. One of the devices is pointed as most promising.

Key words: trawl, otter devices, flexible otter devices for horizontal trawl mouth spreading.

На ближайшие три года Правительство РФ перед рыбаками поставило задачу по обеспечению роста вылова и внутреннего потребления рыбы. Вылов в 2011 г. в соответствии с индикаторами Федеральной целевой программы должен составить 4 млн т, в 2012 г. – 4,3 млн т, в 2013 г. – 4,7 млн т. В то же время, по данным Федерального агентства по рыболовству, новых ликвидных ресурсов для обеспечения такого роста в наших водах не появится. Работа флота во многих районах Мирового океана становится все более затруднительной. Со времени распада СССР отечественный флот резко снизил свое присутствие в конвенционных районах и в зонах иностранных государств, большая часть нагрузки приходится на исключительную экономическую зону и внутренние воды Российской Федерации. В то же время произошло снижение российской добычи за пределами исключительной экономической зоны России.

Для выполнения поставленной Правительством РФ задачи необходимо обеспечить рост российского вылова и производства продукции, что возможно, в первую очередь, за счет перехода от экстенсивного и инерционного развития к инновационному. Это позволит рентабельно осваивать не только высоко ликвидные виды биоресурсов, которые и сейчас выбираются практически полностью, но использовать значительный, уже разведанный резерв малоиспользуемых объектов, как в наших водах, так и вернуться в районы Мирового океана. Траловый промысел был и остаётся основным в отечественном рыболовстве, поэтому целесообразно рассмотреть возможность совершенствования оснастки траловых систем, которая будет экономически выгодна и позволит нанести меньший вред окружающей среде.

Одними из существенных элементов оснастки тралов являются устройства горизонтального раскрытия устья трала. Функция таких устройств заключается в обеспечении горизонтального раскрытия входного устья, тем самым определяя зону облова. До настоящего времени для горизонтального раскрытия чаще всего используются траловые доски. Реже применяются гибкие распорные устройства (ГРУ). Отечественными разработчиками распорных устройств горизонтального раскрытия тралов не раз предлагалось использовать гибкие распорные устройства, из которых следует отметить следующие:

1) устройство для горизонтального раскрытия трала (рис. 1 [1]) содержит жесткую раму с горизонтальными ребрами жесткости. На раме закреплены гибкие водонепроницаемые полотна, образующие в потоке воды профиль. Основные достоинства: крепление к траловой системе происходит аналогично прямоугольной доске; незначительный вес; простота конструкции. Недостаток – невозможность выборки устройства на барабан с сетной частью трала;

2) распорная траловая доска (рис. 2 [2]) содержит П-образную трубчатую опору, гибкую оболочку, состоящую из двух частей. Опора состоит из центральной части и двух поперечен, на которые закреплены регулировочные планки с рядом крепежных отверстий. Гибкая оболочка огибает центральную часть опоры, а ее кромки прикреплены к регулировочным планкам с возможностью съема. Гибкая оболочка выполнена из капроновой ткани. Достоинства: крепление к траловой системе производится практически идентично траловым доскам; регулируемая кривизна профиля. Недостаток – громоздкость конструкции. Были проведены одиночные испытания, применения на практике не получила;

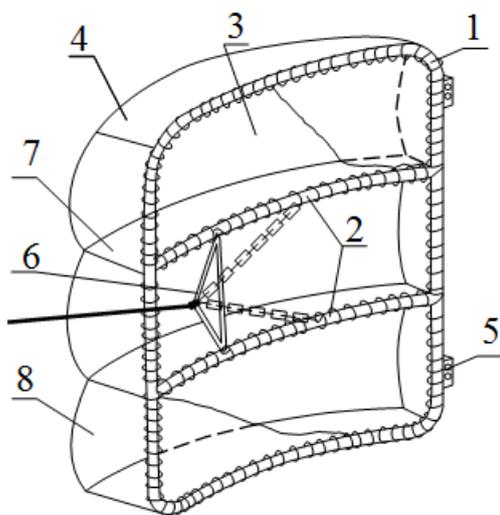


Рис. 1. Устройство для горизонтального раскрытия трала. В.Г. Серeda, А.П. Ветров, В.С. Акифьев, В.И. Панферов [1]: 1 – жесткая рама; 2 – горизонтальные ребра жесткости; 3, 4 – водонепроницаемые полотна; 5, 6 – средства крепления устройства; 7 – продольные перегородки; 8 – каналы
Fig. 1. Horizontal trawl mouth spreading device. V.G. Sereda, A.P. Vetrov, V.S. Akifyev, V.N. Panferov [10]: 1 – hard frame; 2 – horizontal stiffener; 3, 4 – waterproof canvas; 5, 6 – fastener devices; 7 – pass partition plate; 8 – channels

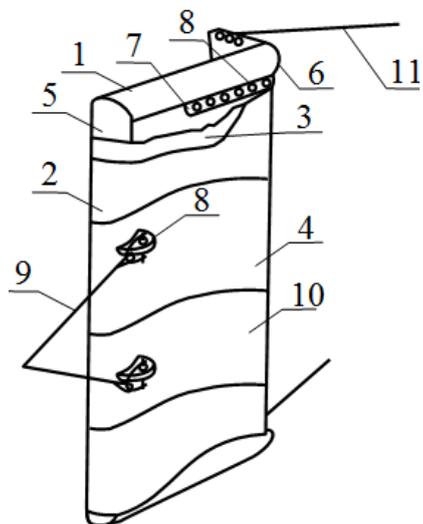


Рис. 2. Распорная траловая доска В.М. Костюкова [2]: 1 – трубчатая опора; 2 – гибкая оболочка; 3, 4 – внутренняя / наружная части гибкой оболочки; 5 – центральная часть опоры; 6 – поперечина; 7 – регулировочные планки; 8 – крепежные отверстия; 9 – несущие тросы; 10 – ленты; 11 – лапки
Fig. 2. Trawl door V.M. Kostukov [2]: 1 – tubular mast; 2 – flexible shell; 3, 4 – inner/outer parts of the flexible shell; 5 – central part of the mast; 6 – bolster; 7 – adjusting plates; 8 – fixation hole; 9 – suspension wire; 10 – ribbons; 11 – legs

3) устройство для раскрытия устья трала (рис. 3 [3]) содержит, по меньшей мере, один распорный щит и систему крепления его к кабель-тросам трала и ваеру, состоящую из гибких связей, соединенную между собой распорами, имеющими форму коромысла. Авторы изобретения пытались добиться улучшения гидродинамических характеристик распорного устройства путем перевода сосредоточенных сил от усилий ваера и кабель-троса на гибкие связи с расчетом, что на распорный щит будет воздействовать только система распределенных сил гидродинамического давления потока воды. Однако конструкция стала настолько сложной в настройке, что не получила широкого применения на практике;

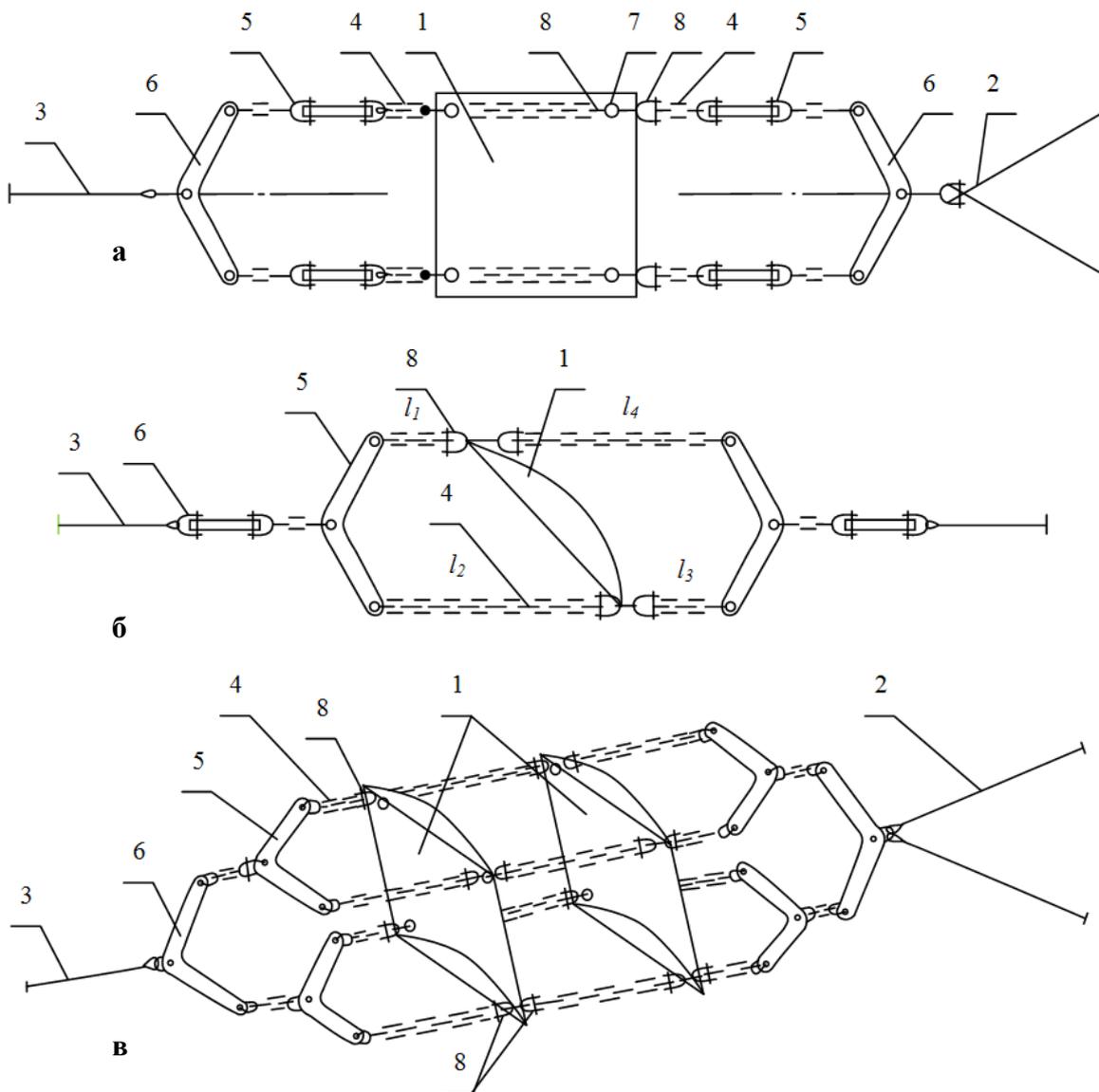


Рис. 3. Устройство для раскрытия устья трала В.В. Кузовникова, В.И. Панферова [3]:

а – вид сбоку; б – вид сверху; в – вид в аксонометрии, с двумя распорными щитами;

1 – распорный щит; 2 – кабель-тросы; 3 – ваер; 4 – гибкие связи; 5, 6 – распоры;

7 – сквозные отверстия; 8 – ограничители; ($l_2 > l_1$ и $l_4 > l_3$)

Fig. 3. Trawl mouth spreading device. V.V. Kuzovnikov, V.I. Panferov [3]: a – profile drawing;

б – plan view; в – perspective view, with two otter plates; 1 – otter plate; 2 – bridles; 3 – wire;

4 – flexible connections; 5, 6 – thrust; 7 – thru holes; 8 – limiters; ($l_2 > l_1$ and $l_4 > l_3$)

4) распорное устройство для трала (рис. 4 [4]) состоит из распорных элементов, последовательно закрепленных на двух параллельно направленных тросах. Каждый распорный элемент состоит из колец с отверстиями для пропуска тросов и полотнищ из водонепроницаемого материала, соединяющих кольца попарно с образованием выпукло-вогнутой поверхности. Устройство может использоваться как для вертикального, так и для горизонтального раскрытия устья трала. В авторском свидетельстве указано, что устройство не требует значительных трудозатрат и просто в обслуживании, это позволяет применять устройство в различных тралах и для разных вариантов лова. Однако на практике устройство широкого применения не получило;

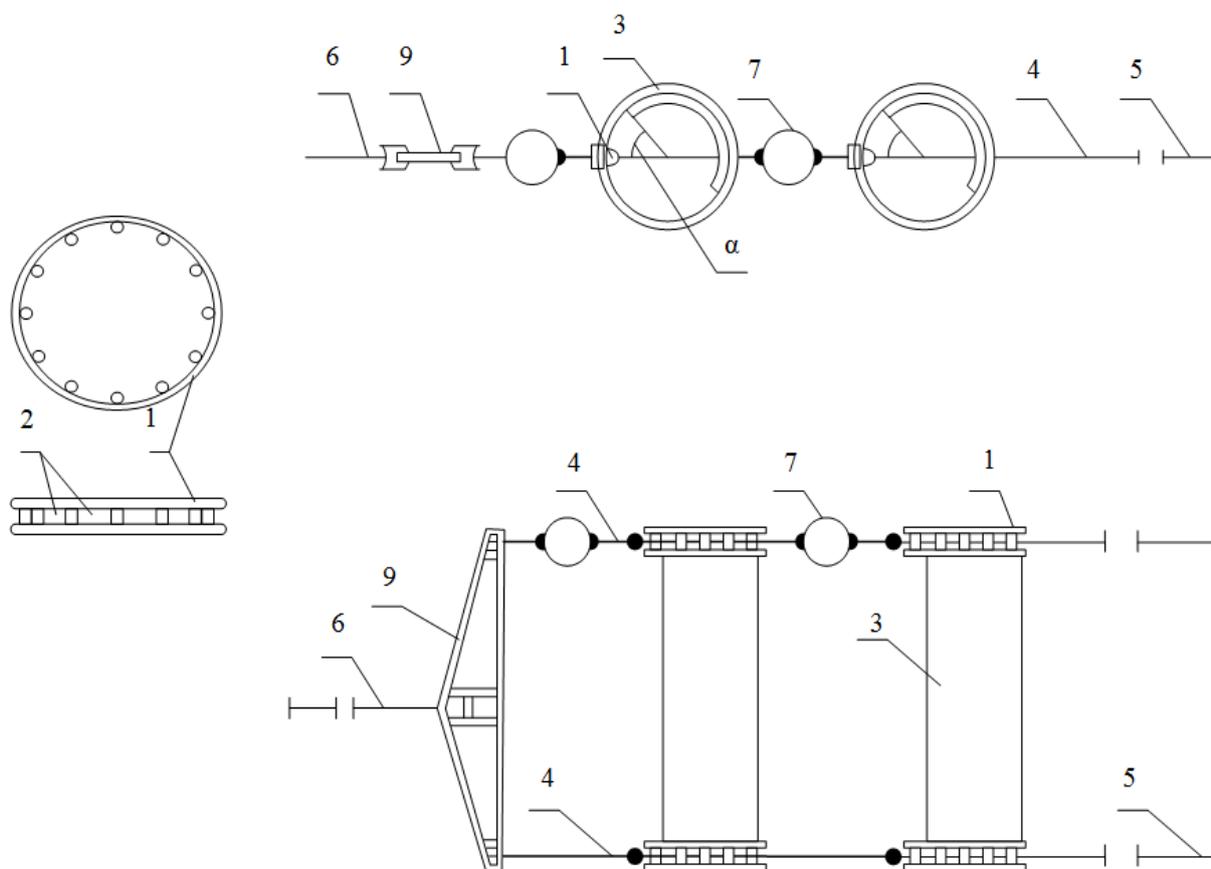


Рис. 4. Распорное устройство для трала В.В. Кузовникова [4]: 1 – кольца распорного элемента; 2 – регулировочные отверстия; 3 – полотнище; 4 – направляющие троса; 5 – кабеля трала; 6 – ваер; 7 – плавучести; 8 – утяжелители; 9 – клячевка

Fig. 4. Trawl otter device V.V. Kuzovnikov [4]: 1 – otter unit ring; 2 – control port; 3 – canvas; 4 – cable guide; 5 – trawl bridle; 6 – wire; 7 – floatages; 8 – loadings; 9 – butterfly

5) устройство для раскрытия тралов (рис. 5 [5]) представляет профилеобразующий элемент, профиль которого задают нервюры, выполненные из эластичного материала. На нервюрах закреплена водонепроницаемая эластичная оболочка. Полости внутри профилеобразующего элемента разделены продольными перегородками на равные объемы, заполненные сыпучим материалом. Крепления устройства в линии лапок за траловой доской производят скобами или карабинами при помощи отрезков канатов, соединенных с капроновыми продольными и поперечными лентами, охватывающими устройство. Крепление к сети осуществляется при помощи карабинов, соединяющих петли лент, охватывающих устройство, с ячейками сети.

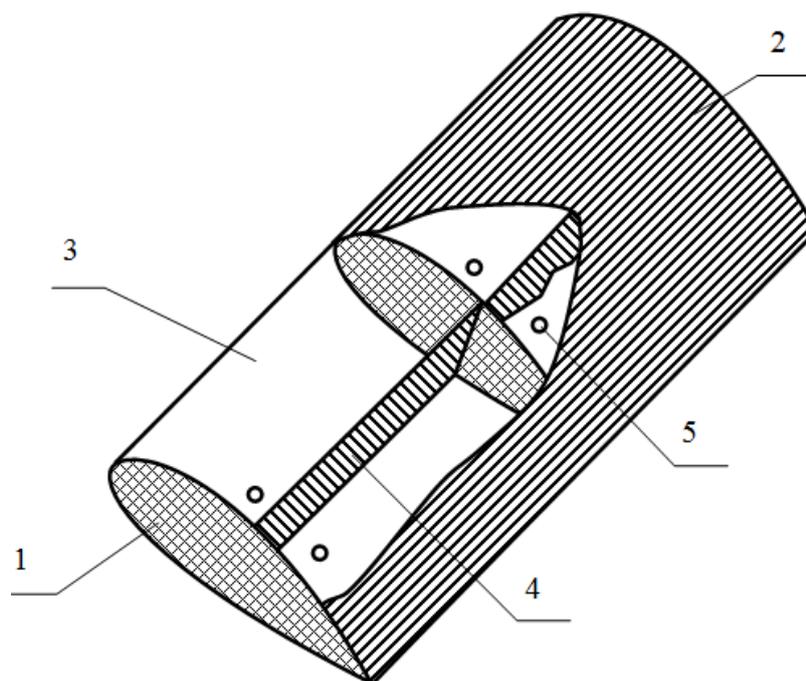


Рис. 5. Устройство для раскрытия тралов Ю.А. Данилова [5]: 1 – нервюры; 2 – водонепроницаемая эластичная оболочка; 3 – полости; 4 – продольные перегородки; 5 – отверстия
 Fig. 5. Trawl otter device U.A. Danilov [5]: 1 – ribs; 2 – waterproof elastic membrane; 3 – cavity; 4 – pass partition plates; 5 – holes

Цель изобретения – обеспечение удобства пользования за счет возможности сочетания различных объемов заполнителя с объемом весов больше или меньше, чем у воды, и размещения заполнителя в различных секциях, расположенных по вертикали и по горизонтали устройства. Устройство может применяться для обеспечения как вертикального, так и горизонтального раскрытия. На практике устройство широкого распространения не получило.

В отечественном рыболовстве, как и за рубежом, все устройства не нашли широкого применения, были разработаны отдельные конструкции для определенных тралов и судов. Для широкого применения таких устройств на практике необходимо провести ряд экспериментальных работ с целью определения их гидродинамических характеристик, получив которые станет возможным разработать методику расчета (подбора) размерных рядов для различных судов и тралов.

В 90-х гг. прошлого столетия разработкой одного из вариантов ГРУ занималась совместная группа отечественных и японских специалистов (Бойцов А.Н., Висягин О.А., Kinoshita Н., Matsushita Y., Inoue Y). Конструкция и принцип работы ГРУ были изложены в работах [6], [7], [8], [9]. Устройство прошло модельные, предварительные технические и промысловые испытания. Проведенные в 2010 г. испытания моделей в гидродинамическом канале ОАО «МариНПО» В.В. Кудакаевым и Е.В. Осиповым под руководством А.Н. Бойцова позволяют проектировать ГРУ на основе сравнения параметров траловой доски и ГРУ, а также моделировать траловые системы с ГРУ, усовершенствовав методику настройки траловых систем В.И. Габрюка [10].

Включение ГРУ в траловую систему аналогично траловым доскам (рис. 6) позволяет снять множество проблем при его использовании на разноглубинных канатных тралах: влияние крутки канатов на работу оболочек, запутывание оболочек в элементах оснастки.

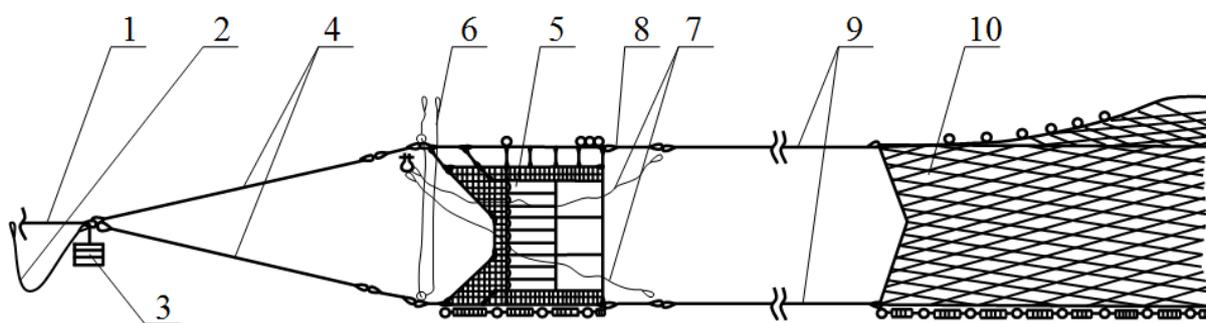


Рис. 6. Схема подключения ГРУ к тралю: 1 – ваер; 2 – переходник; 3 – груз-углубитель; 4 – лапки ваера; 5 – гидродинамические оболочки с оснасткой; 6 – проводник стопора; 7 – переходной конец (верхний, нижний); 8 – лапки оболочек (верхняя/нижняя); 9 – кабели (верхний/нижний); 10 – крыло трала

Fig. 6. Connecting diagram (Flexible otter device to trawl): 1 – wire; 2 – slack wire; 3 – weight; 4 – wire legs; 5 – hydrodynamic shell with rigging; 6 – guide lock; 7 – slack wire (top, lower); 8 – shell's legs (top/lower); 9 – bridle (top/lower); 10 – trawl wing

Предлагаемое ГРУ может эффективно использоваться для оснастки тралей. Гибкость и малая масса ГРУ придает конструкции положительные качества: простота в управлении; менее травмоопасно по отношению к тралевым доскам; возможность работы на тяжелых грунтах; возможность выборки на барабан вместе с сетной частью трала; окружающей среде наносит меньший вред по сравнению с тралевыми досками. Применение ГРУ может рассматриваться как один из инновационных подходов модернизации тралового флота России и шаг к выполнению задачи, поставленной Правительством РФ на 2011-2013 гг.

Список литературы

1. А.с. 1296079 СССР. Устройство для горизонтального раскрытия устья трала / В.Г. Серeda, А.П. Ветров, В.С. Акифьев, В.И. Панферов (СССР). – № 3925606/28-13; заявл. 12.07.85; опубл. 15.03.87. Бюл. № 10.
2. А.с. 1306536 СССР. Распорная траловая доска / В.М. Костюков (СССР). – № 3870555/28-13; заявл. 27.02.85; опубл. 30.04.85. Бюл. № 16.
3. А.с. 1329720 СССР. Устройство для раскрытия устья трала / В.В. Кузовников, В.И. Панферов (СССР). – № 4000610/28-13; заявл. 02.01.86; опубл. 15.08.87. Бюл. № 30.
4. А.с. 1382461 СССР. Распорное устройство для трала / В.В. Кузовников (СССР). – № 4114925/28-13; заявл. 01.09.86; опубл. 23.03.88. Бюл. № 11.
5. Пат. 2029467 Российской Федерации. Устройство для раскрытия трала / Ю.А. Данилов. – №4900266/13; заявл. 08.01.91; опубл. 27.02.95. Бюл. № 6.
6. Кудакаев В.В. Инновации в проектировании траловых распорных устройств [Текст] / Чернецов В.В., Бойцов А.Н. // Междунар. науч. конф., посвященная 100-летию со дня рождения И.В. Кизеветтера. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2008.
7. Кудакаев В.В. Устройства горизонтального раскрытия тралей [Текст] // Науч. тр. Дальрыбвтуза. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2009. – Т. 21. – С. 108-118.
8. Кудакаев В.В. Гидродинамические щитки для горизонтального раскрытия устья трала и определение оптимальных строительных углов [Текст] / В.В. Кудакаев, В.В. Чернецов, А.Н. Бойцов, О.А. Висягин // Сб. науч. тр., посвященный 95-летию кафедры промышленного рыболовства ФГОУ ВПО «КГТУ». – Калининград: Изд-во КГТУ, 2009. – С. 77-86.

9. Кудакаев В.В. Некоторые варианты гибких распорных устройств горизонтально-го раскрытия тралов [Текст] / В.В. Кудакаев, А.Н. Бойцов, В.В. Чернецов, О.А. Висягин // Материалы Междунар. науч.-практ. конф, посвященной 85-летию со дня рождения заслуженного деятеля науки и техники Российской Федерации Фридмана Александра Львовича и 95-летию со дня основания кафедры промышленного рыболовства. – Калининград: Изд-во КГТУ, 2010. – С. 142-145.

10. Габрюк В.И. Компьютерные технологии в промышленном рыболовстве [Текст]. – М.: Колос, 1995. – 544 с.

Сведения об авторах: Кудакаев Василий Владимирович, старший преподаватель; Бойцов Анатолий Николаевич кандидат технических наук, доцент.

УДК 597.562(265.51):639.2.081.1

М.Ю. Кузнецов

Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр,
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4

**ГИДРОАКУСТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
И ВЕРТИКАЛЬНЫХ МИГРАЦИЙ МИНТАЯ *THERAGRA CHALCOGRAMMA*
В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ОХОТСКОГО МОРЯ В ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД**

*Представлены результаты исследования распределения и суточных вертикальных миграций преднерестового минтая *Theragra chalcogramma* при проведении ресурсных исследований в северной части Охотского моря в весенний период. С использованием гидроакустических эхоинтеграционных технологий выявлены характерные акустические изображения, иллюстрирующие структуру и вертикальные миграции скоплений минтая в различное время суток. Получены сравнительные оценки вертикального распределения и средневзвешенных горизонтов обитания минтая днем и ночью в зависимости от глубины дна. Определены параметры вертикального перемещения минтая на границе светлого и темного времени суток. Вечерний подъем и утренний спуск минтая аппроксимируются полиномиальной зависимостью, согласно которой на изобатах свыше 250 м средняя скорость подъема и спуска примерно одинакова – 0,3 м/мин. Скорость спуска и подъема была максимальна в средних горизонтах и составляла 0,45 м/мин. Следует продолжить исследования при других физиологических состояниях объекта.*

Ключевые слова: гидроакустические измерения, минтай, структура скопления, распределение, суточные вертикальные миграции, горизонт обитания, изобата.

M.Y. Kuznetsov

**HYDROACOUSTIC RESEARCHES OF DISTRIBUTION AND VERTICAL
MIGRATIONS OF WALLEYE POLLOCK *THERAGRA CHALCOGRAMMA*
IN NORTHERN PART OF OKHOTSK SEA IN SPRINGTIME**

*Results of research of distribution and daily vertical migrations of prespawning walleye pollock *Theragra chalcogramma* in northern part of Okhotsk sea in springtime are presented. The characteristic acoustic images illustrating structure and vertical migrations of pollock aggregations during various time of day with use hydroacoustic echo integration technologies are revealed. Comparative estimations of vertical distribution and weight-average horizons of pollock habitation at day and night subject to bottom depth are obtained. Characteristics of vertical moving of a pollock on border of light and dark time of day are defined. Evening lifting and morning lowering of a pollock is approximated by polynomial dependence, according to which on isobaths over 250 m the average velocity of lifting and descent is approximately identical – 0,3 m./min. The velocity of descent and lifting was maximum in average horizons and reached 0,45 m./min. It is necessary to continue researches at other physiological states of pollock.*

Key words: hydroacoustic measurements, walleye pollock, structure of aggregation, distribution, daily vertical migrations, horzont of habitation, isobath.

Введение

Суточные вертикальные миграции являются важнейшей чертой биологии многих морских, пресноводных и проходных рыб и других водных животных. Они различаются по своей протяженности, направлению и формам проявления. Подъем водных организмов к поверхности ночью и опускание их на глубину в дневные часы считаются обычной или типичной суточной вертикальной миграцией [1-3]. Выявление закономерностей проявления суточных вертикальных миграций гидробионтов поможет понять механизмы поведенческих адаптаций той или иной популяции рыб и их роль в трофи-

ческих отношениях гидробионтов и функционировании экосистемы в целом. Кроме этого, знание стереотипов пространственно-временного распределения и вертикальных миграций рыб при различном их физиологическом состоянии имеет большое значение при организации рационального промысла и траловых учетных работ.

Большинство работ в этой области посвящено вертикальным миграциям зоопланктона и личинок рыб, а также некоторых видов рыб Северной Атлантики [4-8]. Суточные вертикальные миграции минтая исследованы слабо и в основном для личиночной стадии развития этих рыб и сеголеток [9-11].

В инструментальных исследованиях запасов промысловых видов рыб гидроакустический метод является одним из основных и наиболее перспективных [12]. Преимуществами акустического мониторинга являются непрерывность регистрации эхосигналов в процессе съемки и возможности оценки вертикального распределения и суточных вертикальных миграций гидробионтов. В настоящее время сбор гидроакустических данных в ТИНРО-Центре осуществляется как на судах, оснащенных специализированными научными эхолотами EK60, в период проведения ими комплексных учетных съемок, так и на судах, занимающихся промыслом и ресурсными исследованиями, на которых установлены рыбопоисковые эхолоты ES60. Данный прибор, подобно научным эхолотам EK60, выдает первичную гидроакустическую информацию в формате, который делает возможным ее сбор и дальнейшую обработку с помощью различных постпроцессорных программных пакетов.

Во время комплексных учетных съемок судно движется по галсам, как правило, поперек изобат и поэтому в этих рейсах трудно оценить пространственно-временную картину вертикального распределения и миграций рыб на определенной глубине и акватории в течение суток. Суда, ведущие ресурсные исследования и траловый промысел в Охотском море, довольно продолжительное время работают на одном участке акватории, производя в различное время суток длительные траления по изобатам. Кроме этого, при промыслово-акустических съемках в одном районе может находиться одновременно несколько судов ТИНРО-Центра, оснащенных эхолотами EK(ES)60, что также повышает плотность акустических проб в заданном временном интервале и диапазоне глубин. Ценность получаемой таким образом информации, включающей большое количество круглосуточно собираемых акустических измерений на одном и том же участке акватории, для таких короткопериодных явлений, которыми являются суточные вертикальные миграции рыб, достаточно высока.

Целью данной работы являлась проверка возможности использования гидроакустических и навигационных данных для исследования вертикального распределения и суточных вертикальных миграций минтая в Охотском море с помощью программного пакета FAMAS.

Объекты и методы исследований

Работы по изучению распределения и суточных вертикальных миграций минтая *Theragra chalcogramma* в Охотском море проводились на основе данных гидроакустических эхоинтеграционных измерений, полученных в ходе проведения ресурсных исследований минтая в Охотском море в период февраль-апрель 2007-2008 гг. с участием трех судов типа «Атлантик 833i»: НИС «ТИНРО», НИС «Профессор Леванидов» и «Профессор Кизеветтер», – оснащенных эхолотами ES(EK)60.

Для постпроцессорной обработки накопленных эхолотом акустических данных использовалось программное обеспечение FAMAS, разработанное в лаборатории промысловой гидроакустики ТИНРО-Центра. Акустические измерения сопровождались регистрацией в базе данных результатов контрольных тралений, навигационных

и других сопутствующих данных. С использованием программного пакета FAMAS собранные данные доступны для визуализации на персональном компьютере и вторичной обработки.

Технология обработки акустических данных строилась на принципе выделения фрагментов эхограмм, соответствующих дневным и ночным периодам съемки, и их отдельной детальной обработки по слоям глубины с шагом 1 м по глубине и 0,5 мили дистанции. В процессе вторичной обработки эхограмм выбирался один пелагический (pelagic) слой. Верхняя граница слоя обусловлена приповерхностной «мертвой зоной» или границей распределения скопления; нижняя – дном или наличием эхозаписей рыб.

При интегрировании порог по уровню объемного рассеяния S_v составлял –70 дБ. Эхосигналы, имеющие силу обратного объемного рассеяния ниже этого порога, исключались из процедуры интегрирования. Порог по силам цели TS для минтая составлял –65 дБ. В расчетах численности использовалась зависимость силы цели минтая от их зоологической длины: $TS = 20 \log(L) - 66$ [13].

При построении карт вертикального распределения для расчета средневзвешенной глубины обитания рыб на каждой i -й полумиле пути формировались два ряда данных: $f_i(x, y, z_j, t)$, $j = 1, \dots, n_i$ – плотность гидробионтов (усредненная по 1-метровым интервалам глубины численность рыб на миле²) и $H_i(z_j)$ – глубина, где x, y – координаты, z_j – интервал глубины, $j = 1, \dots, n_i$, n_i – число интервалов глубины, t – время. Средневзвешенная по численности глубина местоположения рыб на i -й полумиле расстояния определялась как:

$$H_{i\text{avr}} = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} (f_j \cdot H_j)}{\sum_{j=1}^{n_i} f_j}.$$

Для исследования особенностей вертикального распределения минтая на границе светлого и темного времени суток использовалась средневзвешенная по плотности S_a глубина местоположения рыб с интервалом интегрирования 0,01 мили и с шагом по глубине 1 м. Распределение средневзвешенных глубин аппроксимируется полиномиальной зависимостью, по которой рассчитывается скорость подъема (спуска) рыб.

Результаты и их обсуждение

Судя по плотности акустических проб на акватории съемки (рис. 1), выделены четыре подрайона, для которых можно получить репрезентативные акустические данные: юго-западнокамчатский – между 51° и 53° с.ш. (район 1), западнокамчатский – между 53° и 57° с.ш. (район 2), северо-западнокамчатский – между 57°-58°25' с.ш. и 154°12'-156° в.д. (район 3) и северная часть Охотского моря – между 56°25'-58°06' с.ш. и 149°20'-154°12' в.д. (район 4). В работе приводятся данные для северной части Охотского моря (район 4).

На изобатах меньше 200 м минтай в этом районе моря обитал в придонных горизонтах и не совершал значительных вертикальных перемещений в течение суток. Днем скопления регистрировались, как правило, в виде плотных косяков на дне и вблизи дна с вертикальным развитием до 30 м. Ночью скопления минтая оставались в придонных горизонтах и регистрировались в виде равномерно распределенных протяженных агрегаций с дисперсной структурой высотой до 40 м (рис. 2).

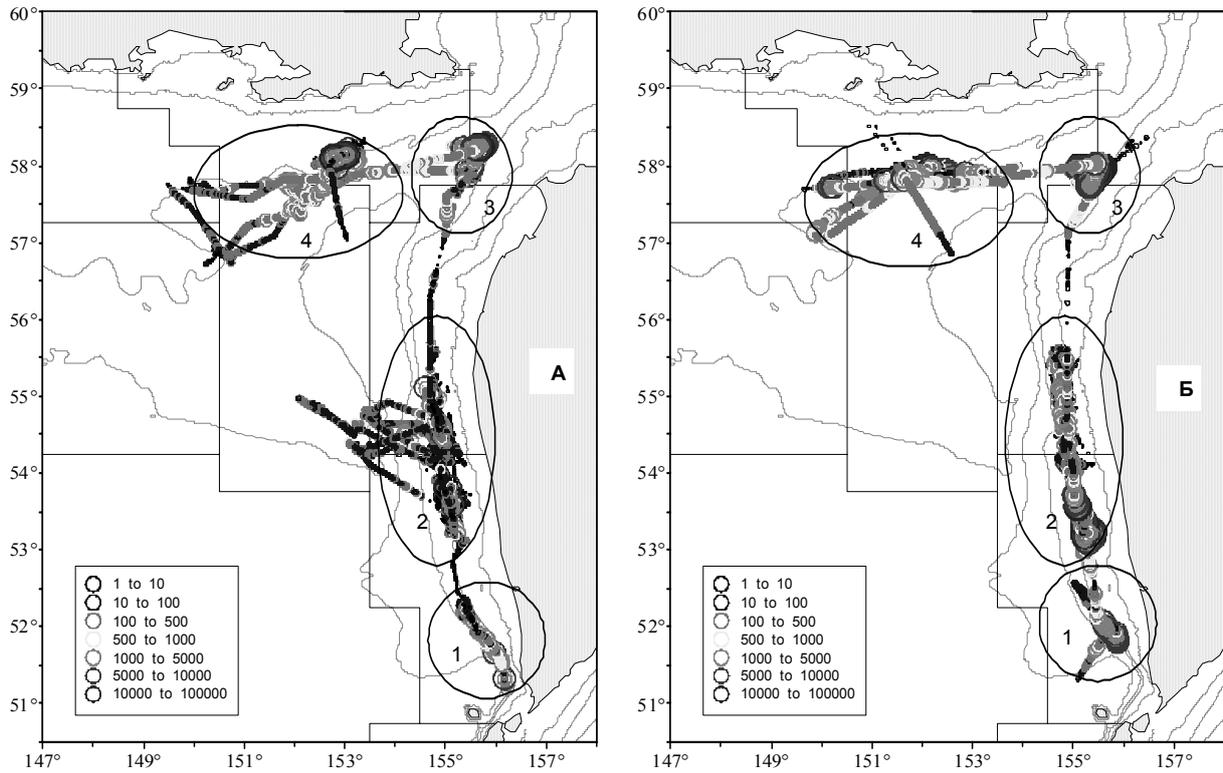


Рис. 1. Распределение плотности (тыс. шт./миля²) скоплений минтая по результатам акустических измерений в Охотском море в феврале-апреле: А – НИС «ТИНРО» (2007 г.); Б – НИС «Профессор Леванидов» (2008 г.)

Fig. 1. Density distribution (ths. pcs./n.mi²) of pollock aggregations by results of acoustic measurements in Okhotsk sea in February-April: A – RV «TINRO» (2007); Б – RV «Prof. Levanidov» (2008)

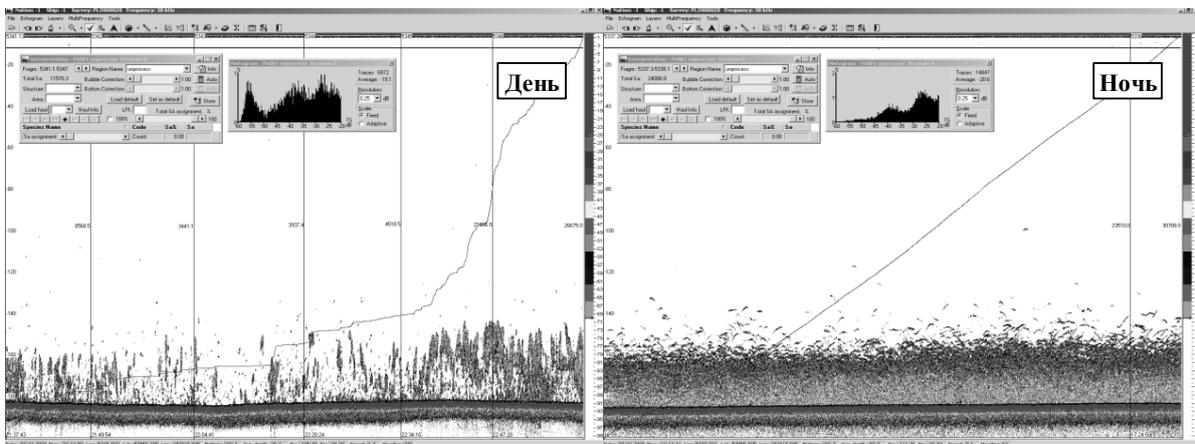


Рис. 2. Акустические изображения минтая в северной части Охотского моря в различное время суток на изобатах менее 200 м

Fig. 2. Acoustic images of walleye pollock in northern part of Okhotsk sea in various time of day on isobaths less than 200 m

На изобатах свыше 200 м минтай был распределен более широко (рис. 3, 4). Соответственно эхолотом были зафиксированы его активные вертикальные перемещения в течение суток, сопровождаемые изменением структуры и плотности агрегаций. Днем скопления минтая регистрировались в виде протяженных плотных или дисперсных слоев в пелагиали и вблизи дна. С заходом солнца минтай начинает подниматься в верхние горизонты и с наступлением темноты распределяется (рассеивается) в широком диапазоне глубин от дна до глубины 100 м (рис. 3). Перед восходом солнца разреженные в толще воды слои минтая начинают концентрироваться в пелагическом и придонном слоях, а затем происходит плавное погружение пелагического слоя из верхних горизонтов в нижние и уплотнение пелагических скоплений вблизи дна с наступлением светлого времени суток (рис. 4).

При глубине дна меньше 200 м диапазон вертикальных миграций минтая составил в среднем 5,7 м. На изобатах больше 200 м разница горизонтов обитания минтая в темное и светлое время суток варьировала в зависимости от глубины дна от 11,4 м до 42,1 м (максимальная амплитуда миграций в диапазоне глубин 300-325 м) и в среднем составляла 28,2 м (таблица).

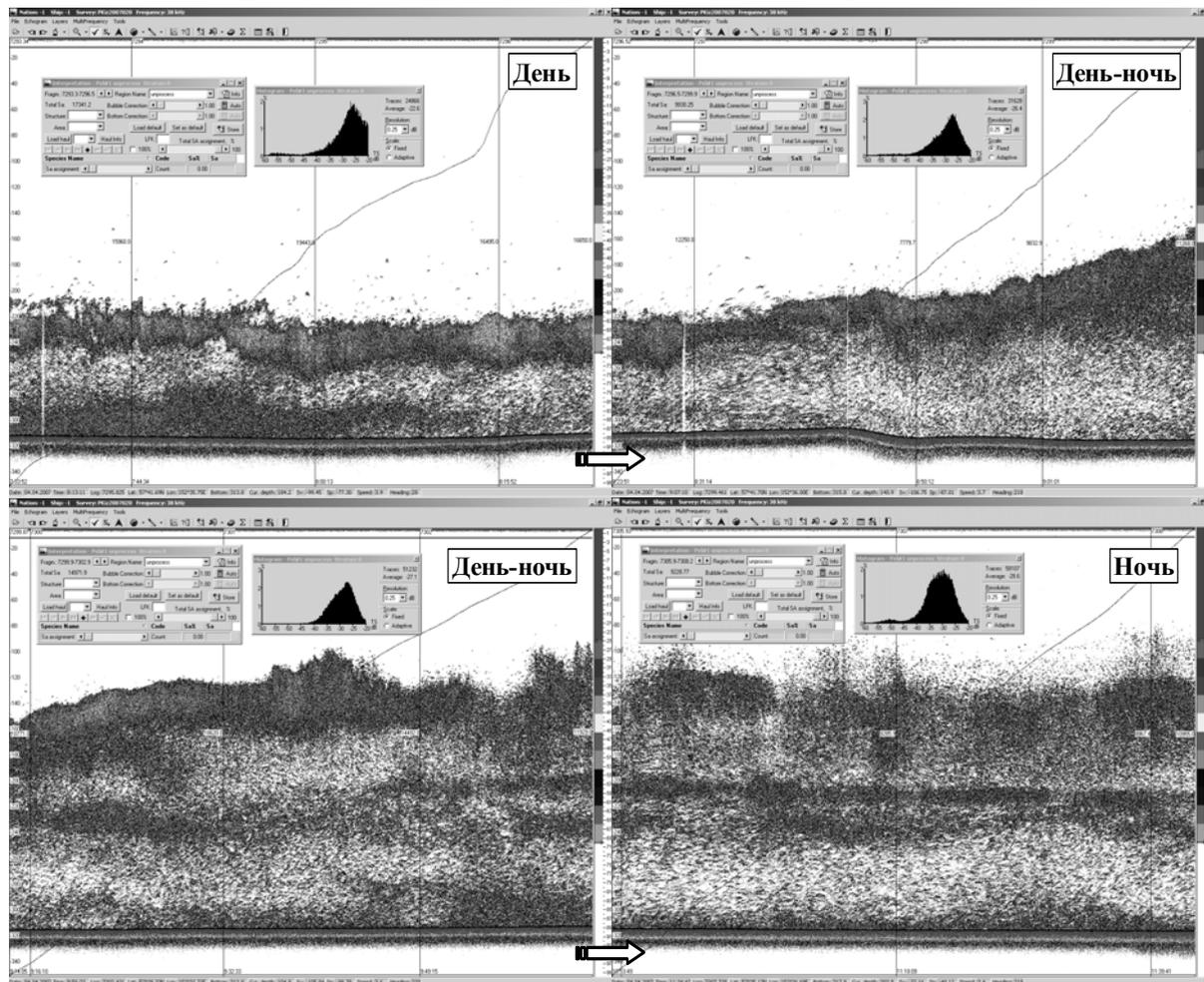


Рис. 3. Акустические изображения вертикальных миграций минтая в северной части Охотского моря на границе светлого и темного времени суток
 Fig. 3. Acoustic images of vertical migrations of pollock in northern part of Okhotsk sea on border of light and dark time of day

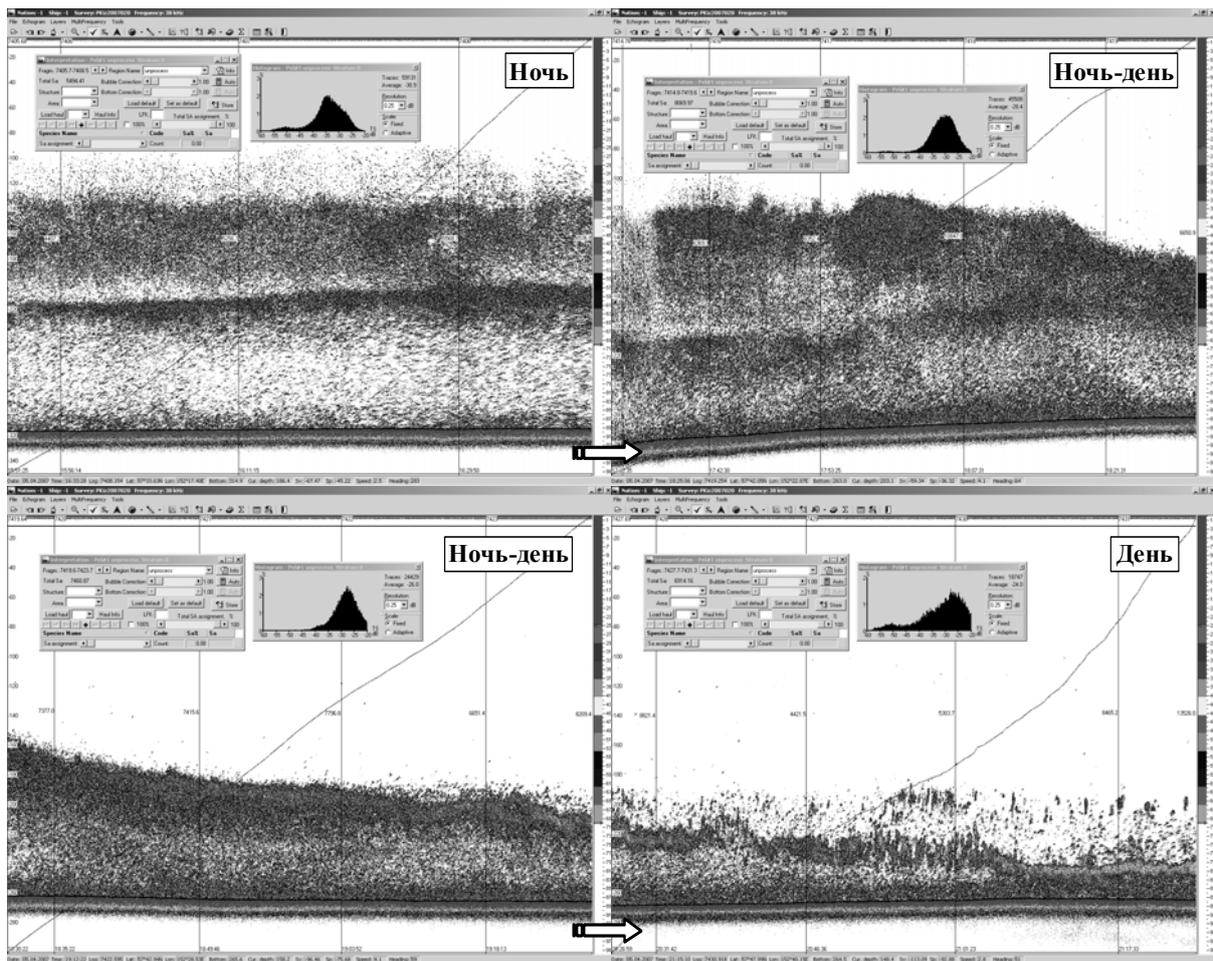


Рис. 4. Акустические изображения вертикальных миграций минтая на границе темного и светлого времени суток (переход ночь-день)
 Fig. 4. Acoustic images of vertical migrations of pollock on border of light and dark time (transition night-day)

Средневзвешенные горизонты обитания минтая в различное время суток в зависимости от глубины дна в северной части Охотского моря
Weight-average horizons of pollock habitation during light and dark time subject to bottom depth in northern of Okhotsk sea

Диапазон глубин дна, м	Средневзвешенная глубина, м		
	День	Ночь	Разница
125-150	134.4	125.6	8.8
150-175	156.4	153.8	2.6
175-200	178.0	172.4	5.6
200-225	199.8	188.4	11.4
225-250	223.4	205.1	18.2
250-275	245.1	218.9	26.2
275-300	257.0	225.6	31.4
300-325	267.6	225.5	42.1
325-350	279.8	248.1	31.7
350-400	260.1	231.9	28.2
400-450	293.8	257.4	36.4

Особый интерес представляет детализация и определение параметров вертикальных перемещений минтая на границе светлого и темного времени суток, в результате которых происходит изменение средневзвешенных глубин обитания минтая. Переходные процессы рассмотрим для изобат более 250 м, где, как показали наблюдения, происходили наиболее значительные вертикальные перемещения минтая в течение суток.

Вечерний подъем минтая в виде средневзвешенных глубин обитания и аппроксимирующей кривой представлен на рис. 5. Фрагменты вечерней миграции соответствуют периоду времени с 7:00 до 10:00 по Гринвичу, или с 19:00 до 22:00 по местному времени.

Перед вечерним подъемом центр массы скоплений имеет тенденцию небольшого начального заглубления и затем период плавного вертикального перемещения и рассеяния в широком диапазоне глубин (рис. 5). Скорость подъема минтая, максимальная в нижних и средних горизонтах (около 0,45 м/мин), по мере приближения к поверхности замедлялась и к концу миграции становилась нулевой.

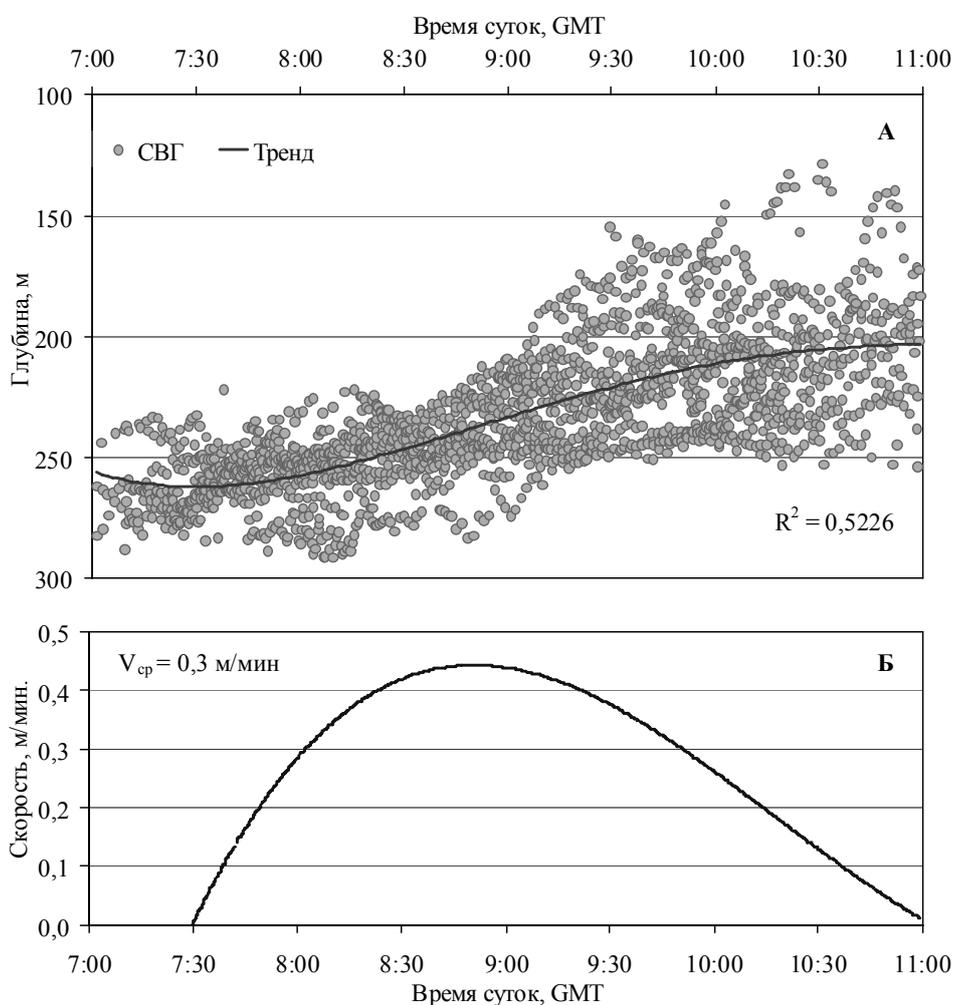


Рис. 5. Вертикальные миграции минтая на границе светлого и темного времени суток в северной части Охотского моря: А – амплитуда, Б – скорость
 Fig. 5. Vertical migrations of pollock on border of light and dark time of day in northern part of Okhotsk sea: А – amplitude, Б – velocity

Утренний ход рыб представлен на рис. 6. Фрагменты утренней миграции соответствуют периоду времени с 17:00 до 21:00 по GMT, или с 05:00 до 09:00 местного времени. Спуск минтая во время утренней миграции был противоположен по фазе вечерней миграции. В начале миграции скопления имеют тенденцию небольшого подъема и затем плавного погружения. Скорость спуска плавно нарастает между 17:40 и 19:00 и к середине периода миграции становится максимальной (0,45 м/мин). Затем скорость также плавно убывает и в 20:20 спуск заканчивается (рис. 6). Средняя скорость спуска и скорость подъема минтая на изобатах более 250 м были примерно одинаковыми – 0,3 м/мин.

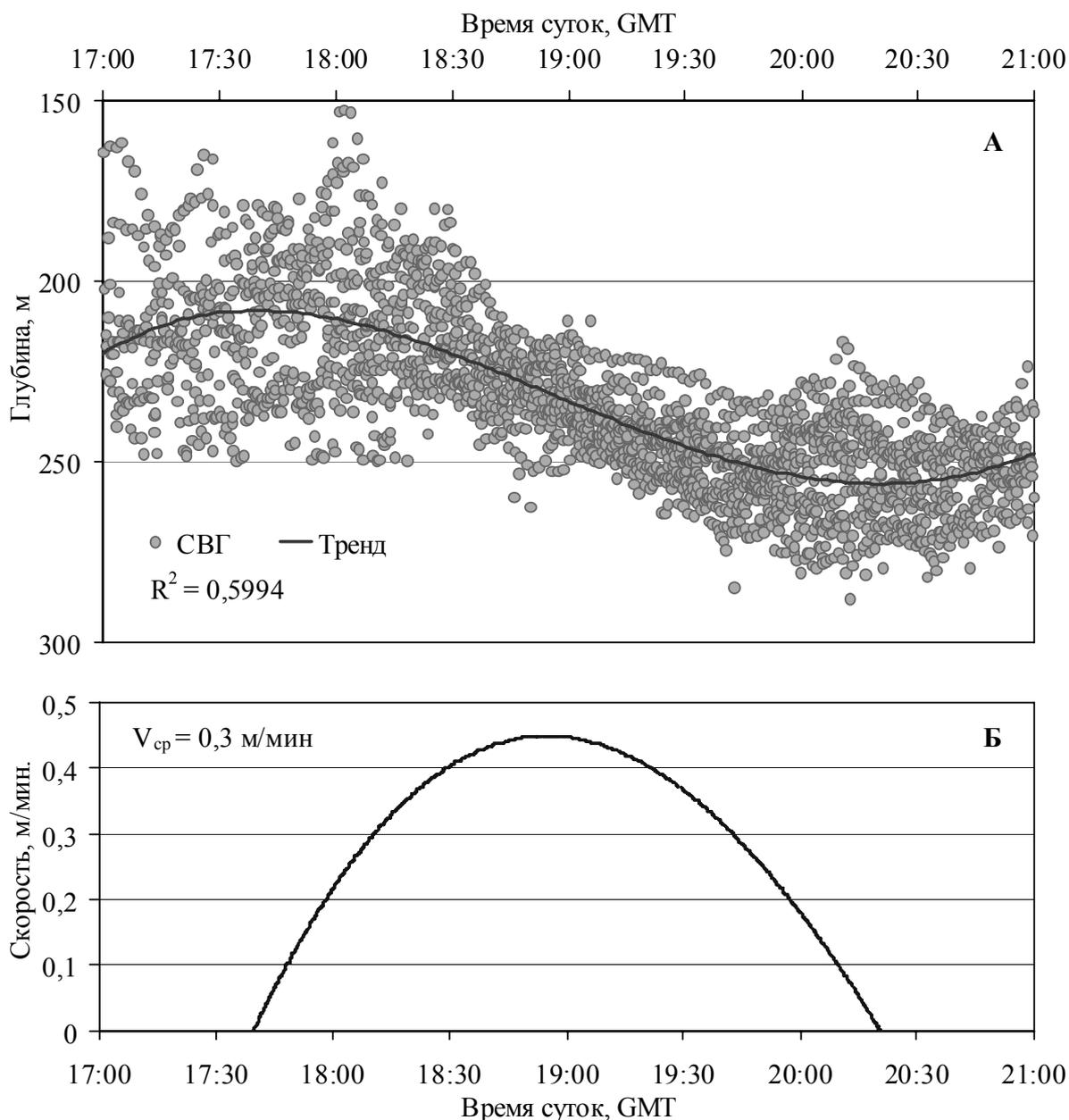


Рис. 6. Амплитуда (А) и скорость (Б) вертикальных миграций минтая на границе темного и светлого времени суток (переход ночь-день)
 Fig. 6. Amplitude (A) and velocity (Б) of vertical migrations of pollock on border of light and dark time (transition night-day)

В работе показаны преимущества акустического мониторинга гидробионтов по сравнению с традиционным траловым методом, в частности, возможность оценки вертикального распределения и суточных вертикальных миграций рыб. Это позволяет существенно расширить круг задач, решаемых с помощью прецизионной гидроакустической техники.

Возможности эхолота EK(ES)60 и программного обеспечения FAMAS, благодаря высокому горизонтальному (0,01 мили) и вертикальному (20 см) разрешению, позволяют достаточно точно оценить пространственную структуру и параметры вертикальных миграций рыб в реальном масштабе времени. По результатам выборки фрагментов эхограмм, соответствующих ночным и дневным измерениям, и последующей обработки данных определена вертикальная структура скоплений преднерестового минтая и количественно оценены характеристики их суточных вертикальных миграций в северной части Охотского моря.

Вертикальные миграции рыб позволяют использовать пищевые ресурсы с наибольшей эффективностью, обеспечивая постоянную, независимую от времени суток, степень доступности кормовых объектов. Ожидается, что максимальные суточные вертикальные миграции минтая будут наблюдаться в нагульный период, который сопровождается высокой (особенно в начальный период) интенсивностью питания этих рыб. Следует продолжить исследования в других районах дальневосточных морей при различном физиологическом состоянии минтая, а также на других объектах массового промысла.

На достоверность результатов оценок пространственного распределения и вертикальных миграций рыб и количественных оценок их запасов влияет поведение объекта исследований, в частности, наличие избегающей реакции на шум судна в зависимости от физиологического состояния рыб [14]. При дальнейшем планировании такого рода работ целесообразно проведение суточных акустических и гидробиологических станций в режиме тишины судна (выключенные главные двигатели) с использованием подкильных стационарно установленных цифровых научных эхолотов. Можно также использовать для этих целей специально разработанные портативные эхолоты, встроенные в гидроакустические буи.

Список литературы

1. Мантейфель Б.П. Вертикальные миграции морских организмов // Об адаптивном значении вертикальных миграций рыб планктофагов [Текст] / Тр. Ин-та экологии и эволюции животных АН СССР. – 1961. – Вып. 39. – С. 5-46.
2. Виноградов М.Е. Вертикальное распределение океанического зоопланктона [Текст]. – М.: Наука, 1968. – 320 с.
3. Зуссер Г. Суточные вертикальные миграции морских планктоноядных рыб [Текст]. – М.: Пищ. пром-сть, 1971. – 224 с.
4. Clark C.W., Levy D.A. Diel vertical migration by juvenile sockeye salmon and the antipredation window // *American Naturalist*. – 1988. – Vol. 131. – P. 271-290.
5. Bollens S. M., Frost B. W. Diel vertical migration in zooplankton: rapid individual response to predators // *Journal of Plankton Research*. – 1991. – Vol.13. – P. 1359-1365.
6. Haldorson L., Prichettl M., Paul A. J., Ziemann D. Vertical distribution and migration of fish larvae in a Northeast Pacific bay // *Mar. Ecol. Prog. Ser.* – 1993. – Vol. 101. – P. 67-80.
7. Bagøien E., Kaartvedt S., Øverås S. Seasonal vertical migrations of *Calanus* spp. in Oslofjorden // *Sarsia*. – 2000. – Vol. 85. – P. 299-311.

8. Onsrud M. S. R., Kaartvedt S., Røstad A., Klevjer T. A. Vertical distribution and feeding patterns in fish foraging on the krill *Meganyctiphanes norvegica* // ICES Journal of Marine Science. – 2004. – Vol. 61. – P. 1278-1290.

9. Bailey K.M. Interaction between the vertical distribution of juvenile walleye pollock *Theragra chalcogramma* in the eastern Bering Sea, and cannibalism // Mar. Ecol. Prog. Ser. – 1989. – Vol. 53. – P. 205-213.

10. Olla B.L., Davis M.W. Effects of physical factors on the vertical distribution of larval walleye pollock *Theragra chalcogramma* under controlled laboratory conditions // Mar. Ecol. Prog. Ser. – 1990. – Vol. 135. – P. 105-108.

11. Schabetsberger R., Brodeur R.D., Ciannelli L., Napp J.M., Swartzman G.L. Diel vertical migration and interaction of zooplankton and juvenile walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) at a frontal region near Pribilof Islands, Bering Sea // ICES Journal of Marine Science. – 2000. – Vol. 57. – P. 1283-1295.

12. Николаев А.В., Кузнецов М.Ю. Современные возможности и результаты использования гидроакустической информации в исследованиях рыбных ресурсов ДВ морей [Текст]: тез. докл. Междунар. конф. – Владивосток: ТИНРО-Центр, 2003. – С. 159-161.

13. Traynor J.J. Target strength measurement of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) and Pacific whiting (*Merluccius productus*) // ICES Journal Of Marine Science. – 1996. – №. 53. – P. 253-258.

14. Кузнецов М.Ю., Вологдин В.Н. Гидроакустические шумы промысловых и научно-исследовательских судов и их влияние на поведение и оценки запасов рыб (обзор и перспективы исследований) [Текст] // Изв. ТИНРО. – 2009. – Т. 157. – С. 334-355.

Сведения об авторе: Кузнецов Михаил Юрьевич, кандидат технических наук, заведующий лабораторией, e-mail: kuznetsov@m@tinro.ru.

УДК 639.2.061.066

А.А. Недоступ, А.В. Белых

Калининградский государственный технический университет,
236000, г. Калининград, Советский проспект, 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК УРЕЗОВ ДОННОГО НЕВОДА (СНЮРРЕВОДА)

Приводятся теоретические исследования механики донного невода (снюрревода).

Ключевые слова: донный невод, снюрревод, исследования

A.A. Nedostup, A.V. Belykh

DETERMINATION OF WARPS CHARACTERISTICS OF DANISH SEINE

This article is devoted to theoretical researches of the mechanics of Danish seine.

Key words: The Danish seine, researches

Введение

В отличие от других орудий активного рыболовства техника лова донным неводом имеет ряд особенностей, среди которых наиболее важной является сгон рыбы внутрь обметанного пространства за счет урезов. Другой особенностью является то, что в начальный период буксировки сам невод и часть его урезов находятся на дне неподвижно, постепенно по мере тяги судна включаясь в движение [1, 3, 9].

Исследованию механики донного невода посвящены работы Баранова Ф.И. [1], Ионаса В.А. [3], Сорокина Л.И. [9], Мизюркина А.М. [5], Осипова Е.В. и Павлова Г.С. [7]. Лов рыбы донными неводами занимает значительное место в рыболовстве некоторых зарубежных стран: Дании, Исландии, Корее и Японии [10].

В данной статье рассматривается вопрос по определению геометрических и силовых характеристик урезов донного невода. Замет производится по окружности.

Объекты и методы исследований

Пусть длина уреза ($ABCD$) S_{yp} (рис. 1):

$$S_{yp} = S_{np} + S_{mp}^I + S_{mp}^II, \quad (1)$$

где S_{np} – длина провисающей части уреза (AB); S_{mp}^I – длина трущейся части уреза (BC); S_{mp}^II – длина неподвижной части уреза (CD).

Значение длины уреза S_{yp} известно.

Натяжение в нижней точке провисающей части уреза (цепная линия) (рис. 2) [8]:

$$T_1 = \frac{q_{св(нр)} \cdot S_{np}^2}{2 \cdot Y} - \frac{q_{св(нр)} \cdot Y}{2}, \quad (2)$$

где $q_{св(нр)}$ – среднее взвешенное значение веса в воде одного метра провисающей части уреза; Y – глубина района промысла (величина известная).

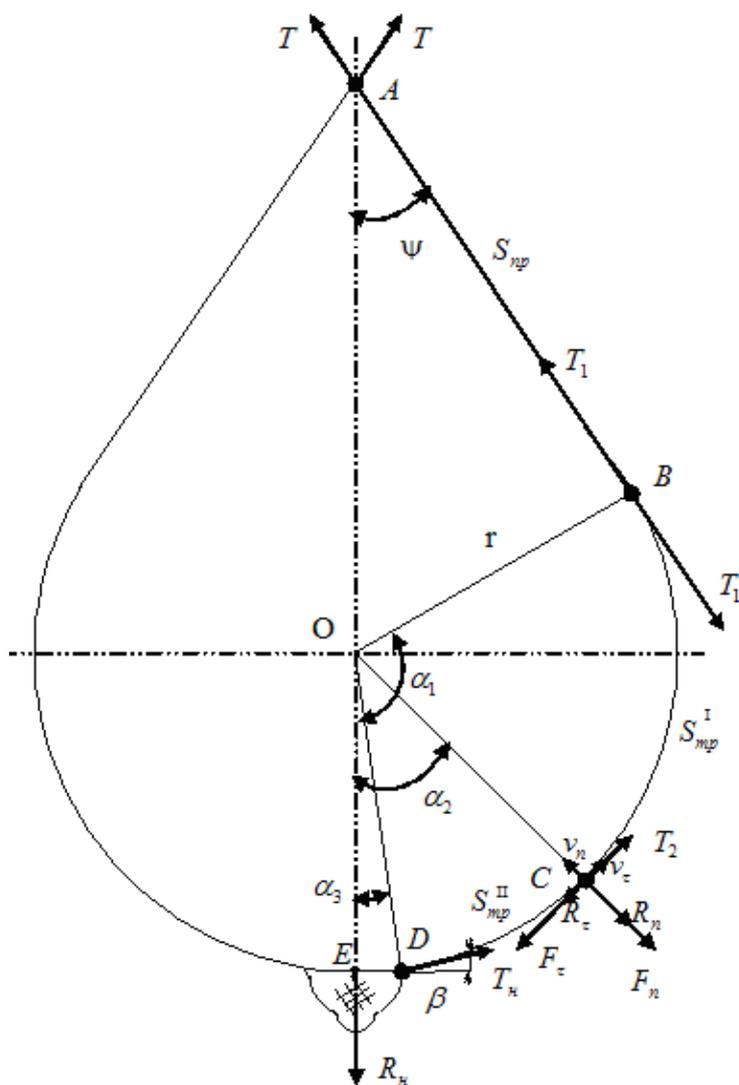


Рис. 1. Вид сверху на донный невод
Fig. 1. Top view of the Danish seine

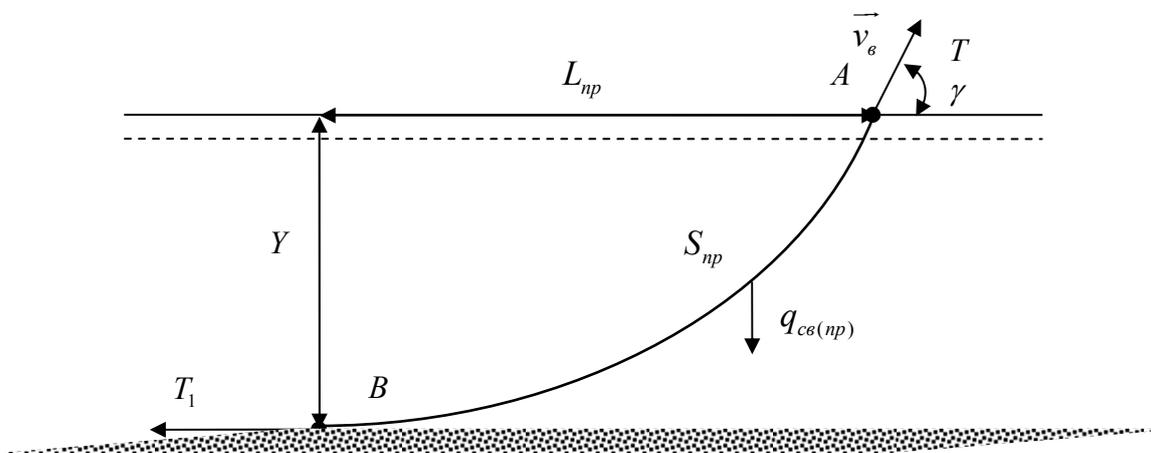


Рис. 2. Вид сбоку на провисающую часть уреза донного невода
Fig 2. Side view of a sagging part of warp of the Danish seine

Среднее взвешенное значение веса в воде одного метра уреза $q_{св(нр)}$ может быть определено по формуле

$$q_{св(нр)} = \frac{\sum(q_i \cdot S_i)}{S_{нр}}, \quad (3)$$

где S_i – длины составных участков уреза провисающей части; q_i – вес в воде составных участков уреза провисающей части; i – порядковый номер провисающего участка уреза.

Приведем уравнения равновесия трущейся части уреза:

$$\left. \begin{aligned} T_1 \frac{d\alpha}{dS_{мп}^I} &= R_n + F_n \\ \frac{dT}{dS_{мп}^I} &= R_\tau + F_\tau \end{aligned} \right\}, \quad (4)$$

где R_n – нормальная составляющая гидродинамического сопротивления трущейся части уреза (одного метра); R_τ – тангенсальная составляющая гидродинамического сопротивления трущейся части уреза (одного метра); F_n – нормальная составляющая динамической силы трения трущейся части уреза (одного метра); F_τ – тангенсальная составляющая динамической силы трения трущейся части уреза (одного метра).

Разделим второе уравнение на первое системы (4):

$$\frac{dT}{T_1} = \left(\frac{R_\tau + F_\tau}{R_n + F_n} \right) d\alpha. \quad (5)$$

Пусть

$$\mu = \frac{R_\tau + F_\tau}{R_n + F_n}, \quad (6)$$

$$\left. \begin{aligned} R_n &= c_n \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2} \cdot d_{св(мп)}^I \\ R_\tau &= c_\tau \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2} \cdot d_{св(мп)}^I \end{aligned} \right\}, \quad (7)$$

где $d_{св(мп)}^I$ – среднее взвешенное значение диаметра уреза трущейся части уреза; c_n , c_τ – гидродинамические коэффициенты нормальной и тангенсальной сил [8]; v – скорость движения урезом; ρ – плотность воды.

$$\left. \begin{aligned} c_n &= c_x \cdot \sin \alpha + c_y \cdot \cos \alpha \\ c_\tau &= c_x \cdot \cos \alpha - c_y \cdot \sin \alpha \end{aligned} \right\}, \quad (8)$$

- для диапазона $10 \leq Re \leq 3 \cdot 10^3$ [12]

$$\left. \begin{aligned} c_{90} &= b_1 k Re^{-b_2} \\ c_0 &= b_3 k^{-1} Re^{-b_2} \end{aligned} \right\}, \quad (9)$$

где k – поправочный коэффициент, учитывающий удлинение цилиндра или уреза, $k = f(d_{cv(np)}/S_{np})$; $b_1 = 3,0$, $b_2 = 0,15$ и $b_3 = 0,05$ – коэффициенты для гладких цилиндров, для шестипрядных полиэтиленовых канатов (урезов): $b_1 = 4,2$, $b_2 = 0,16$ и $b_3 = 0,1$.

Поправочный коэффициент k определяется по формуле

$$k = \frac{1}{1 + (d_{cv(np)} / S_{np})^{1/3}}.$$

Средневзвешенное значение диаметра трущейся части уреза

$$d_{cv(mp)}^I = \frac{\sum (d_j \cdot S_j)}{S_{mp}^I},$$

где S_j – длины составных участков уреза трущейся части; d_j – диаметр уреза составных его участков трущейся части; j – порядковый номер трущегося участка уреза.

$$\left. \begin{aligned} F_n &= q_{cv(mp)}^I \cdot f_n^I \\ F_\tau &= q_{cv(mp)}^I \cdot f_\tau^I \end{aligned} \right\}, \quad (10)$$

где f_n^I – коэффициент динамического трения нормальной силы трения [6, 11]; f_τ^I – коэффициент динамического трения тангенсальной силы трения [6,11]; $q_{cv(mp)}^I$ – среднее взвешенное значение веса в воде одного метра трущейся части уреза.

$$f_n^I = 0,765 \cdot e^{\left(0,0042 \cdot \frac{q_{cv(mp)}^I}{d_{cv(mp)}^I} - 0,544 \cdot v_n\right)}, \quad (11)$$

где v_n – составляющая скорости движения урезков по нормали.

$$f_\tau^I = e^{\frac{q_{cv(mp)}^I}{d_{cv(mp)}^I} \cdot 10^{-3} \cdot (0,6 - 5 \cdot v_\tau)} \cdot \left(0,023 \cdot \frac{q_{cv(mp)}^I}{d_{cv(mp)}^I} + 0,33\right) \cdot e^{\left(0,0023 \cdot \frac{q_{cv(mp)}^I}{d_{cv(mp)}^I} - 0,005\right) \left(\frac{\pi}{2}\right)^{3,5}}, \quad (12)$$

где v_τ – составляющая скорости движения урезков по тангенсали.

$$\left. \begin{aligned} v_n &= v \cdot \cos \alpha \\ v_\tau &= v \cdot \sin \alpha \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

Определим натяжение в урзе в точке С [3]:

$$T_2 = q_{св(мр)}^{II} \cdot f_{ст} \cdot S_{мр}^{II} \quad (14)$$

где $q_{св(мр)}^{II}$ – среднее взвешенное значение веса в воде одного метра неподвижной части уреза; $f_{ст}$ – статический коэффициент трения, зависящий от материала неподвижной части уреза и от типа грунта (величина известная) [3, 11].

По мере движения урезов (первой подвижной части) уменьшается $S_{мр}^{II}$ и тем самым снижается натяжение T_2 , но в некоторый момент времени:

$$T_2 = T_n \quad (15)$$

Определим силы, действующие в точке D:

$$T_n = \frac{R_n}{2 \cdot \sin \beta} \quad (16)$$

где T_n – натяжение в урзе (в месте соединения с крылом невода); β – угол между направлением крыла невода и горизонталью; f – стрелка прогиба подборы невода.

На рис. 3 изображена схема сетной части донного невода.

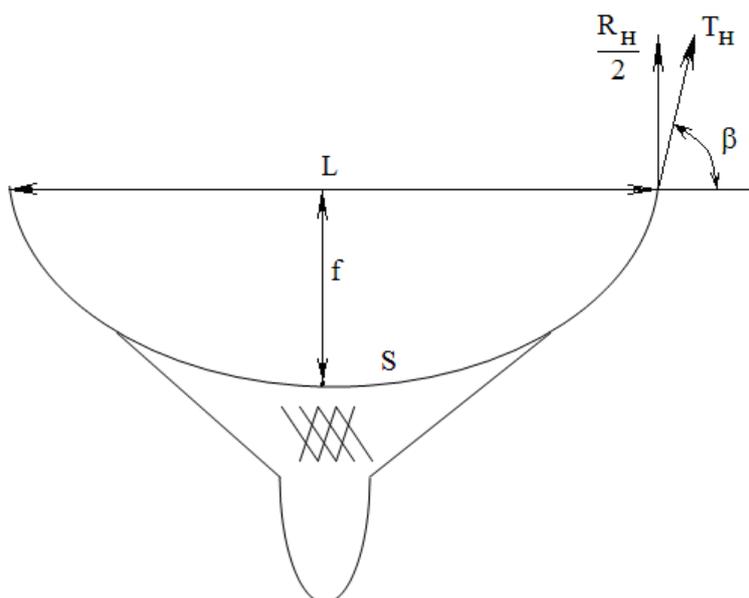


Рис. 3. Схема сетной части донного невода (вид сверху)
 Fig. 3. The scheme of the Danish seine netting (top view)

Сила сопротивления сетной части донного невода:

$$R_H = c_x \cdot \frac{\rho \cdot v_H^2}{2} \cdot F_H, \quad (17)$$

где c_x – гидродинамический коэффициент силы сопротивления сетной части невода; ρ – плотность воды; v_H – скорость буксировки сетной части невода; F_H – площадь ниток сетной части невода.

$$c_x = 39 \cdot \left(\frac{2 \cdot F_o}{\text{Re}} \right)^{0,57}, \quad (18)$$

где Re – число Рейнольдса; F_o – относительная площадь сети, которая определяется по формуле [8]

$$F_o = \frac{d}{a} \cdot \frac{1}{u_x \cdot u_y}, \quad (19)$$

где d – диаметр нитки сети; a – шаг ячеей сети; u_x – посадочный коэффициент в поперечном сечении сетной части невода; u_y – посадочный коэффициент в продольном сечении сетной части невода.

$$\text{Re} = \frac{d \cdot v_H}{\nu}, \quad (20)$$

где ν – коэффициент кинематической вязкости воды.

Верхнюю и нижнюю подборы невода представим как систему гибких нитей нагруженных равномерно распределенной нагрузкой, а именно, силами сопротивления R_H/S (см. рис. 3). Таким образом, подборы представляют собой цепные линии. Исходя из взаимосвязи геометрических характеристик цепной линии, получим аппроксимирующие зависимости [4]:

$$\frac{f}{S} = 81,5 \cdot \left(1 - \frac{L}{S} \right) \cdot 0,006 \left(1 - \frac{L}{S} \right)^{0,133}, \quad (21)$$

$$\beta = 240 \cdot \frac{f}{S} - 120 \cdot \left(\frac{f}{S} \right)^2. \quad (22)$$

Дополнительные условия:

$$\alpha_3 = \beta. \quad (23)$$

$$\alpha_1 = \psi + \frac{\pi}{2}. \quad (24)$$

где ψ – угол между проекцией на горизонтальную плоскость провисающей части уреза и диаметрально (значение угла ψ известно) (см. рис. 1).

Результаты и их обсуждение

Из первого уравнения системы (4) имеем:

$$S_{mp}^I = T_1 \cdot \int_{\alpha_2}^{\alpha_1} \frac{1}{R_n + F_n} d\alpha = T_1 \cdot \int_{\alpha_2}^{\psi + \frac{\pi}{2}} \frac{1}{R_n + F_n} d\alpha. \quad (25)$$

Проинтегрируем выражение (5) и получим с учетом (6):

$$T_1 = T_2 \cdot \int_{\alpha_2}^{\alpha_1} \mu d\alpha = T_2 \cdot \int_{\alpha_2}^{\psi + \frac{\pi}{2}} \mu d\alpha. \quad (26)$$

Подставим в выражение (26) натяжение T_2 , определяемое по формуле (14):

$$T_1 = q_{св(мп)}^{II} \cdot f_{см} \cdot S_{мп}^{II} \cdot \int_{\alpha_2}^{\psi + \frac{\pi}{2}} \mu d\alpha. \quad (27)$$

Подставим выражение (27) в формулу (25), получим:

$$S_{мп}^I = q_{св(мп)}^{II} \cdot f_{см} \cdot S_{мп}^{II} \cdot \int_{\alpha_2}^{\psi + \frac{\pi}{2}} \mu d\alpha \cdot \int_{\alpha_2}^{\psi + \frac{\pi}{2}} \frac{1}{R_n + F_n} d\alpha. \quad (28)$$

Или с учетом (2):

$$S_{мп}^I = \left(\frac{q_{св(мп)} \cdot S_{мп}^2}{2 \cdot Y} - \frac{q_{св(мп)} \cdot Y}{2} \right) \cdot \int_{\alpha_2}^{\psi + \frac{\pi}{2}} \frac{1}{R_n + F_n} d\alpha. \quad (29)$$

Из формул (28) и (29) видно, что неизвестных параметров 6: $S_{мп}^I$, $S_{мп}^{II}$, $S_{мп}$, R_n , F_n и α_2 .

Так как в первый момент траектория замета известна, то в полярных координатах запишем длину трущейся части урезом:

$$S_{mp}^I = \int_{\alpha_2}^{\psi + \frac{\pi}{2}} \sqrt{dr^2 + r^2 \cdot d\alpha^2}, \quad (30)$$

где r – радиус дуги (см. рис. 1):

$$r = L_{np} \cdot \operatorname{tg}\psi, \quad (31)$$

где L_{np} – горизонтальная проекция провисающей части уреза (см. рис. 2).

С учетом (31), имеем:

$$S_{mp}^I = L_{np} \cdot \int_{\alpha_2}^{\psi + \frac{\pi}{2}} \sqrt{\frac{1}{\cos^4\left(\alpha - \frac{\pi}{2}\right)} + \operatorname{tg}^2\left(\alpha - \frac{\pi}{2}\right)} d\alpha. \quad (32)$$

Приравняем выражения (29) и (32), получим:

$$\left(\frac{q_{cs(np)} \cdot S_{np}^2}{2 \cdot Y} - \frac{q_{cs(np)} \cdot Y}{2}\right) \cdot \int_{\alpha_2}^{\psi + \frac{\pi}{2}} \frac{1}{R_n + F_n} d\alpha = L_{np} \cdot \int_{\alpha_2}^{\psi + \frac{\pi}{2}} \sqrt{\frac{1}{\cos^4\left(\alpha - \frac{\pi}{2}\right)} + \operatorname{tg}^2\left(\alpha - \frac{\pi}{2}\right)} d\alpha. \quad (33)$$

Представим формулу (21) в виде:

$$\frac{Y}{S_{np}} = 163 \cdot \left(1 - \frac{L_{np}}{S_{np}}\right) \cdot 0,006 \left(1 - \frac{L_{np}}{S_{np}}\right)^{0,133}. \quad (34)$$

С учетом формул планиметрии и выражения (1) имеем:

$$S_{yp} - S_{np} - \frac{S_n}{2} - r \cdot \left(\frac{3 \cdot \pi}{2} + \alpha\right) = 0.$$

Или с учетом (31):

$$S_{yp} - S_{np} - \frac{S_n}{2} - L_{np} \cdot \operatorname{tg}\psi \cdot \left(\frac{3 \cdot \pi}{2} + \psi\right) = 0. \quad (35)$$

В первый момент (выбор вешки) скорость выборки уреза $v_g = 0$ и скорость движения уреза $v = 0$. Тогда, исходя из (11), при условии $v_n = 0$, получим:

$$f_n^I = 0,765 \cdot e^{\left(0,0042 \cdot \frac{q_{cs(mp)}^I}{d_{cs(mp)}^I}\right)}. \quad (36)$$

Таким образом, в первый момент $R_n = 0$, и выражение (33) с учетом (10) примет вид:

$$\left(\frac{q_{св(нр)} \cdot S_{нр}^2}{2 \cdot Y} - \frac{q_{св(нр)} \cdot Y}{2} \right) \cdot \int_{\alpha_2}^{\psi + \frac{\pi}{2}} \frac{1}{q_{св(нр)}^I \cdot f_n^I} d\alpha = L_{нр} \cdot \int_{\alpha_2}^{\psi + \frac{\pi}{2}} \sqrt{\frac{1}{\cos^4 \left(\alpha - \frac{\pi}{2} \right)} + \operatorname{tg}^2 \left(\alpha - \frac{\pi}{2} \right)} d\alpha \cdot (37)$$

Запишем систему уравнений с учетом (29), (35), (36) и (37):

$$\left. \begin{aligned} S_{нр}^I - q_{св(нр)}^{II} \cdot f_{сн} \cdot S_{нр}^{II} \cdot \int_{\alpha_2}^{\psi + \frac{\pi}{2}} \mu d\alpha \cdot \int_{\alpha_2}^{\psi + \frac{\pi}{2}} \frac{1}{q_{св(нр)}^I \cdot 0,765 \cdot e^{\left(0,0042 \cdot \frac{q_{св(нр)}^I}{d_{св(нр)}^I} \right)}} d\alpha = 0, \\ \left(\frac{q_{св(нр)} \cdot S_{нр}^2}{2 \cdot Y} - \frac{q_{св(нр)} \cdot Y}{2} \right) \cdot \int_{\alpha_2}^{\psi + \frac{\pi}{2}} \frac{1}{q_{св(нр)}^I \cdot 0,765 \cdot e^{\left(0,0042 \cdot \frac{q_{св(нр)}^I}{d_{св(нр)}^I} \right)}} d\alpha - \dots \\ \dots L_{нр} \cdot \int_{\alpha_2}^{\psi + \frac{\pi}{2}} \sqrt{\frac{1}{\cos^4 \left(\alpha - \frac{\pi}{2} \right)} + \operatorname{tg}^2 \left(\alpha - \frac{\pi}{2} \right)} d\alpha = 0, \\ S_{yp} - S_{нр} - \frac{S_H}{2} - L_{нр} \cdot \operatorname{tg} \psi \cdot \left(\frac{\pi}{2} + \psi \right) = 0, \\ S_{нр}^I + S_{нр}^{II} - L_{нр} \cdot \operatorname{tg} \psi \cdot \left(\frac{\pi}{2} + \psi \right) = 0. \end{aligned} \right\} (38)$$

Для решения системы уравнений (38) необходимо учитывать:

$$\frac{Y}{S_{нр}} = 163 \cdot \left(1 - \frac{L_{нр}}{S_{нр}} \right) \cdot 0,006 \left(1 - \frac{L_{нр}}{S_{нр}} \right)^{0,133},$$

$$\mu = \frac{e^{\frac{q_{св(нр)}^I}{d_{св(нр)}^I} \cdot 10^{-3} \cdot 0,6} \cdot \left(0,023 \cdot \frac{q_{св(нр)}^I}{d_{св(нр)}^I} + 0,33 \right) \cdot e^{-\left(0,0023 \cdot \frac{q_{св(нр)}^I}{d_{св(нр)}^I} - 0,005 \right) \left(\frac{\pi}{2} \right)^{3,5}}}{0,765 \cdot e^{\left(0,0042 \cdot \frac{q_{св(нр)}^I}{d_{св(нр)}^I} \right)}}.$$

Решая систему уравнений (38), можно определить геометрические характеристики урезов донного невода (снюрревода): $S_{нр}$, $L_{нр}$, $S_{нр}^I$, $S_{нр}^{II}$ и α_2 – в зависимости от силовых и конструктивных параметров урезов: q_i , d_i , S_{yp} и S_i ; глубины места лова Y ; от типа грунта $f_{сн}$. Необходимо отметить, что система уравнений (38) справедлива для формы замата донного невода в виде окружности.

Статья подготовлена в рамках выполнения гранта РФФИ № 11-08-00096-а.

Список литературы

1. Баранов Ф.И. Теория и расчет орудий рыболовства. – М.: Пищепромиздат, 1960.
2. Габрюк В.И. Моделирование крючковых рыболовных систем / В.И. Габрюк, А.В. Габрюк, Е.В. Осипов. – Владивосток: ТИНРО-Центр, 2004. – С. 105.
3. Ионас В. А. Исследование работы донного невода: дис. ... канд. техн. наук. – Калининград, 1961. – С. 183.
4. Кручинин О.Н. О кинематике погружения кошелькового невода // Промышленное рыболовство: сб. науч. тр. кафедры промышленного рыболовства, посвященный 90-летию кафедры ПР/ КГТУ. – Калининград, 2005. – С. 103-110.
5. Мизюркин А.М. Снюрреводный и ярусные промыслы / А.М. Мизюркин, А.В. Мизюркина, В.А. Пимнев, Л.И. Сорокин. – Владивосток, 1997. – Ч. 1.
6. Недоступ А.А. Исследование коэффициента трения урезов снюрреводов // А.А. Недоступ, Е.К. Ацапкин: материалы Междунар. науч.-техн. конф. «Наука и образование – 2007». – Мурманск: МГТУ, 2007. – С. 1030-1033.
7. Осипов Е.В. Системное проектирование рыбопромысловых комплексов / Е.В. Осипов, Г.С. Павлов // Изв. ТИНРО. – 2006. – Т. 146. – С. 322-330.
8. Розенштейн М.М. Механика орудий промышленного рыболовства. – Калининград: Изд-во КГТУ, 2009. – С. 364.
9. Сорокин Л.И. Экспериментальные исследования работы донного невода: дис. ... кан. тех. наук. – М.: ВНИРО, 1981. – С. 150.
10. Inoue S. Appropriate mesh size of a danish seine (koteguri-ami) / Inoue S., Hiyama S., Nagamatsu K. and Fujiishi A. // Journal of National Fisheries University. – 2000. – 48(3). – P. 207-219.
11. Paschen M. Seabed-Structure-Interaction of selected Fishing Gear Elements. Contributions on the Theory of Fishing Gears and Related Marine Systems. DEMAT'05. – 2005. – Vol. 4. – P. 207-222.
12. Недоступ А.А. Методы расчета пассивных сетных орудий внутреннего и прибрежного рыболовства: моногр. – Калининград: Изд-во КГТУ, 2010. – С. 280.

Сведения об авторах: Недоступ Александр Алексеевич, кандидат технических наук, доцент, e-mail: nedostup@klgtu.ru;
Белых Александр Владимирович, аспирант.

УДК 639.2.081

Е.В. Осипов, А.Н. Бойцов, В.В. Кудакаев

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГИБКОГО РАСПОРНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО РАСКРЫТИЯ ТРАЛОВ

Предлагается методика проектирования гибкого распорного устройства для горизонтального раскрытия тралов при соотношении гидродинамических сил траловой доски и гибкого распорного устройства.

Ключевые слова: методика проектирования, гибкое распорное устройство, траловая система.

E.V. Osipov, A.N. Boicov, V.V. Kudakaev

TECHNIQUE OF DESIGNING FLEXIBLE OTTER DEVICES FOR HORIZONTAL DISCLOSING OF TRAWLS

In work the technique of designing flexible otter devices for horizontal disclosing of trawls is offered at a parity of hydrodynamic forces of a trawling board and GPY.

Key words: a designing technique, flexible otter device, trawling system.

Введение

Гибкие распорные устройства (ГРУ) для горизонтального раскрытия тралов пока не получили широкого развития в рыболовстве, что связано с отсутствием методик их проектирования. Начиная с 80-х гг. прошлого века, проводились научные и опытно-конструкторские работы (НИОКР) в этой области под руководством А.Н. Бойцова и исследования гидродинамических характеристик [1].

Объекты и методы исследований

Анализ работы [1] позволил выявить следующие особенности ГРУ (рис. 1):

- ГРУ представляет собой безмоментную мягкую оболочку, что упрощает ее настройку на промысле, а также численное моделирование траловой системы с ней, методика которой представлена в работе [2];

- угол атаки оболочки задается конструктивно при проектировании устройства $\alpha \approx \alpha_{cm}$ и в независимости от условий эксплуатации практически не меняется, это показали исследования, проведенные в морских условиях и в бассейнах, что характерно для гибких оболочек и связано с условием

$$R_x^{ГРУ} \rightarrow 0. \quad (1)$$

ГРУ опишем следующими параметрами: $R_x^{ГРУ}(\alpha)$ – гидродинамическое сопротивление; $R_y^{ГРУ}(\alpha)$ – гидродинамическая распорная сила; $F^{ГРУ}[S, M]$ – геометрические (S – площадь ГРУ) и массовые параметры устройства. При проведении НИОКР наиболее эффективным строительным углом ГРУ является $\alpha_{cm} = 21^\circ$, а исследования движения траловой системы с ГРУ показали, что угол атаки рабочей поверхности щитка относительно потока составляет $\alpha_p = [20 \div 21^\circ]$, при этом внутренняя поверхность значительно деформировалась (рис. 2, а).

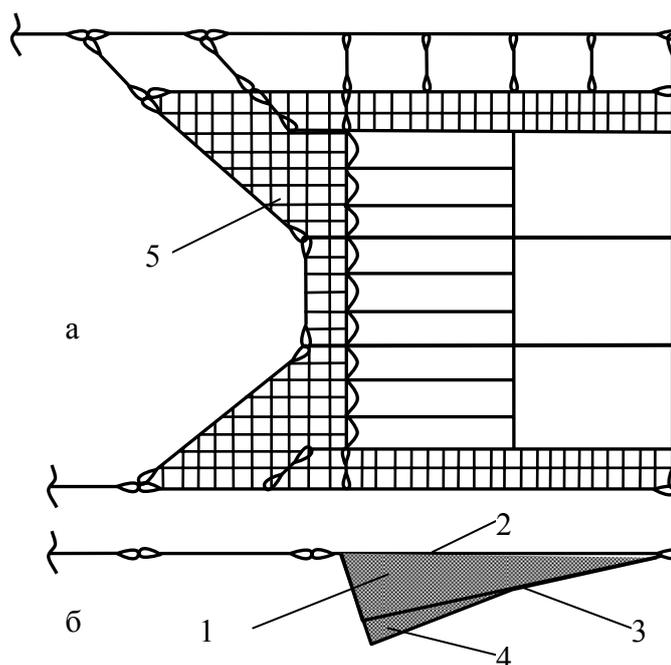


Рис. 1. Общий вид ГРУ: а – вид сбоку; б – вид сверху: 1 – стрингеры; 2 – внутренняя поверхность; 3 – рабочая поверхность; 4 – «карманы» (конфузор); 5 – оснастка

Fig. 1. General view GRU: and – a side view; – the top view; 1 – stringers; 2 – an internal surface; 3 – a working surface; 4 – «pockets»; 5 – equipment

Проведенные экспериментальные исследования с моделью ГРУ (масштаб 1:10) в гидрлотке, с соблюдением геометрического и гидродинамического подобия показало (рис. 2, б), что при $\alpha_p = 20^\circ$ коэффициент качества $K = 10,75$ ($C_x = 0,08, C_y = 0,86$), при $\alpha_p = 25^\circ$ коэффициент качества $K = 6,4$ ($C_x = 0,15, C_y = 0,96$), что в 1,8 раза меньше.

Необходимо отметить, что такая большая разница коэффициентов качества при близких углах ($\alpha_p = 20^\circ$ и $\alpha_p = 25^\circ$) объясняет, почему при работе ГРУ в натуральных условиях $\alpha_p = [20 \div 21^\circ] \approx \alpha_{cm}$, что соответствует условию (1).

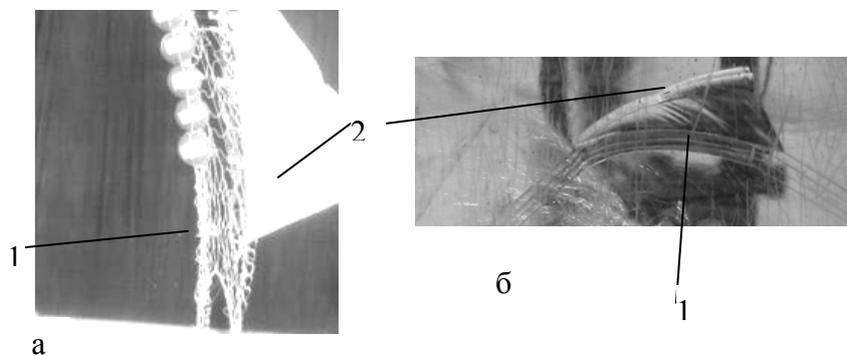


Рис. 2. Формы ГРУ: а – при работе в траловой системе [2]; б – модель в лотке:

1 – внутренняя поверхность; 2 – рабочая поверхность

Fig. 2. Forms GRU: and – at work in trawling system [2]; – model in a tray:

1 – an internal surface; 2 – a working surface

Уменьшение рабочего угла α_p до 15° ГРУ приводило к деформации рабочей поверхности и переходу устройства к отрицательным углам, такое поведение характерно для гибких щитков [3]. Для раскрытия ГРУ на небольших углах атаки на внешней стороне сделаны «карманы», работа которых заключается в задании импульса, который достигается за счет уплотнения потока и создания дополнительной распорной силы, т.е. работают как диффузоры.

На рис. 3 показаны линейные соотношения элементов щитка, при производстве ГРУ удобней линейный размер L брать целочисленным.

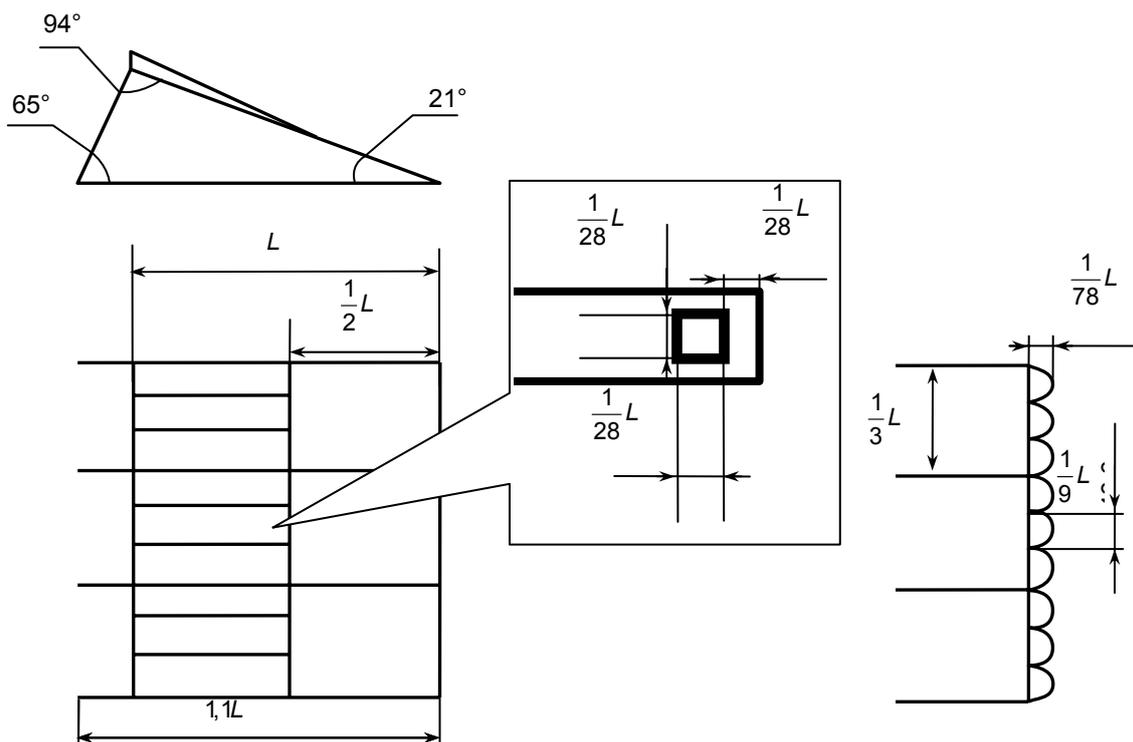


Рис. 3. Соотношения линейных размеров ГРУ
Fig. 3. Parities of the linear sizes GRU

При соотношении гидродинамических сил траловой доски и ГРУ значения гидродинамического напора $\frac{\rho v^2}{2}$ траловой доски и ГРУ одинаковы, тогда для удобства введем относительные величины гидродинамических сил

$$\bar{R} = C_{x,y,z} S. \quad (2)$$

Введем следующие ограничения при решении задачи:

$$\bar{R}_y^{\text{ГРУ}}(\alpha) \geq \bar{R}_y^{\text{B}}(\alpha_{\text{онм}}); \quad (3)$$

$$\bar{R}_x^{\text{ГРУ}}(\alpha) \leq \bar{R}_x^{\text{B}}(\alpha_{\text{онм}}); \quad (4)$$

$$S_{\text{пр}}^{\text{ГРУ}} \geq S_p^{\text{ГРУ}}, \quad (5)$$

где \bar{R}_y^B, \bar{R}_x^B – относительные гидродинамические силы траловой доски при оптимальном угле атаки α_{opt} ; $S_{пр}^{ГРУ}, S_p^{ГРУ}$ – проектная и расчетная площадь ГРУ,

$$S_p^{ГРУ} = \frac{\bar{R}_y^B}{C_y^{ГРУ}}, \quad (6)$$

где $C_y^{ГРУ}$ – коэффициент распорной силы ГРУ при угле атаки щитка $\alpha \approx 0$.

Оснастка ГРУ выполняется из дели с квадратной ячейей, где шаг ячеей имеет соотношение

$$a = \frac{1}{30}L. \quad (7)$$

Алгоритм расчета. Введем множество досок $B = \{c_x, c_y, \{s\}\}$ при α_{opt} и делей $D = \{a, d\}$, где a – шаг ячеей; d – диаметр нити дели.

1. Выбираем траловую доску из множества B и по формуле (2) рассчитываем \bar{R}_y^B, \bar{R}_x^B .
2. Находим расчетную площадь ГРУ $S_p^{ГРУ}$ по формуле (6).
3. Находим линейный размер L , исходя из условий (5) и (7) и выбирая из множества D проектный шаг ячеей:

$$a_n = \{a\} \geq a, \quad (8)$$

уточняем L :

$$L = 30a_n. \quad (9)$$

4. Находим $S_{пр}^{ГРУ}$:

$$S_{пр}^{ГРУ} = L^2, \quad (10)$$

на основе соотношения линейных размеров находим строительные характеристик ГРУ.

Результаты и их обсуждение

На рис. 4 представлены соотношения площадей траловых досок разных конструкций с рассчитанной по первой методике площадей ГРУ, множество D заполнялось по ОСТ 15-80-74 при структуре нитки 93,5 текс х 24.

Исходя из анализа данных (рис. 4) можно рекомендовать ГРУ для судов (таблица), значения R_y и R_x ГРУ приведены в соотношении максимального значения для R_y и минимального значения R_x разных типов траловых досок.

Анализ приведенных данных в таблице показывает, что применение на промысле ГРУ позволяет при буксировке тралов использовать дополнительные ресурсы судов путем увеличения скорости траления на некоторых объектах или снижать расходы за счет экономии топлива.

Таким образом, ГРУ представляется достаточно простой конструкцией в изготовлении и может производиться на фабриках орудий рыболовства и судах, а также проектироваться в комплексе с тралами.

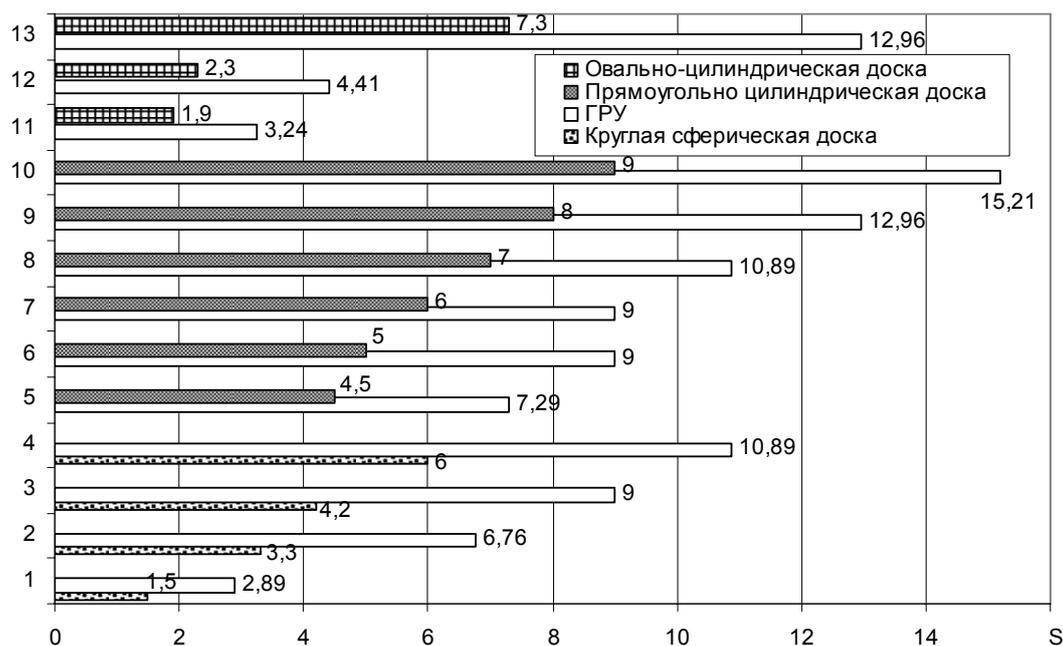


Рис. 4. Соотношения площадей траловых досок разных конструкций с рассчитанной по методике площади ГРУ

Fig. 4. Parities of the areas of trawling boards of different designs from area GRU calculated by a technique

Рекомендованные ГРУ для разных типов судов Recommended GRU for different classes of ship

Тип судна	$S_{пр}^{ГРУ}, м^2$	$L, м$	$R_y, \%$	$R_x, \%$
МРС-150, МРС-225	3,24	1,8	120,6	21,6
РС-300, РС-450	7,29	2,7	123,4	22,1
СТР-420, СТР-530	9,61	3,1	106,8	38,4
БМРТ, РТМС, СТМ	13,69	3,7	111,3	12,8
БАТМ	16	4	118,5	13,3

Список литературы

1. Кудакаев В.В. Результаты исследований гибких распорных щитков для горизонтального раскрытия траловой системы [Текст] / В.В. Кудакаев, Е.В. Осипов, А.Н. Бойцов // Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана: материалы Междунар. науч. конф. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2010. – С. 215-219.
2. Осипов Е.В. Методика расчета траловой системы с гибкими распорными устройствами для её горизонтального раскрытия [Текст] / Е.В. Осипов, В.В. Кудакаев, А.Н. Бойцов // Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана: материалы Междунар. науч. конф. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2010. – С. 244- 247.
3. Розенштейн М.М. Проектирование орудий рыболовства [Текст]: учеб. для высш. учебных заведений / М.М. Розенштейн. – Калининград: Изд-во КГТУ, 2009 – 367 с.

Сведения об авторах: Осипов Евгений Валериевич, кандидат технических наук, доцент, e-mail: oev@mail.ru;

Бойцов Анатолий Николаевич, кандидат технических наук, доцент;

Кудакаев Василий Владимирович, старший преподаватель.

УДК 621.391.881

Л.Д. ПолищукДальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОТОКОВ ОШИБОК В ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ
КАНАЛАХ СВЯЗИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ
КОРРЕКТИРУЮЩИХ КОДОВ**

Предложен метод оценки эффективности корректирующих кодов в гидроакустических каналах связи по моделированным на основе цепей Маркова последовательностям ошибок. Приведены зависимости вероятности ошибки при передаче одного кодового слова от избыточности кода для моделированной и реальной последовательностей.

Ключевые слова: пакет ошибок, кодовая защита.

L.D. Politshuk**MODELATION OF FLOW OF ERRORS IN HYDROACOUSTIC
COMMUNICATING CHANNELS FOR DETERMINATION
THE EFFECTIVENESS OF CORRECTING CODES**

The method of estimation the effectiveness of correcting codes in hydroacoustic communicating channels based on Markov's chains consecutive errors is proposed. The dependence of errors in transmission of one code word from redundant code for modeling and real succession is given.

Key words: a packet of errors, code defence.

Дискретные гидроакустические каналы связи относятся к классу наиболее сложных каналов с группирующимися ошибками. Верность передачи, достигаемая при непосредственном подключении источника и получателя информации к таким каналам, в большинстве случаев оказывается далекой от современных требований. В [1] показана целесообразность использования в гидроакустических каналах кодовой защиты, вид которой определяется характером распределения ошибок. Решение задачи выбора оптимального кода требует знания полной совокупности статистических характеристик источника ошибок, получение которой в реальных условиях связано с большими трудностями. Представляется целесообразным производить оценку эффективности кодов с использованием потоков ошибок, моделируемых на компьютере [1].

Изучение реальных каналов показывает, что они удовлетворительно описываются цепями Маркова. Исходными данными для моделирования служат полученные на реальных каналах интегральные распределения длин интервалов между ошибками и длин пакетов, а также общие закономерности в их связи с физическими характеристиками каналов [1].

Моделирование осуществлялось следующим образом. Значения вероятностей возникновения интервалов получались с помощью датчика случайных чисел с равномерным распределением в интервале (0,1). Соответствующие им длины интервалов находились по их интегральным распределениям с учетом поправок на зависимость от длин предыдущих интервалов. Между соседними интервалами располагается группа (пакет) ошибок. Длина пакетов определяется по их интегральным распределениям, которые полагались [2] полигеометрическими со средней длиной пакета в 12 символов. Внутренняя структура пакета определялась некоторой постоянной вероятностью ошибки в нем (в нашем случае $P_{ow} = 0,25$).

По полученным таким образом последовательностям производилась оценка эффективности кодов «Боуза-чоудхури» (БЧХ). В качестве показателя эффективности использовалась средняя вероятность необнаруженной ошибки при передаче одного кодового слова

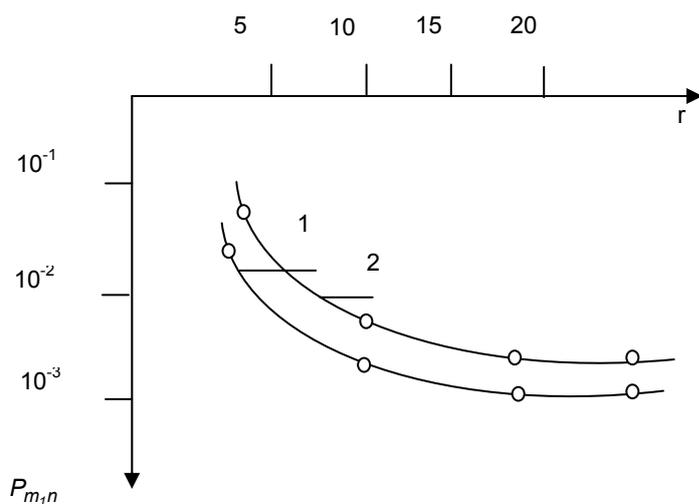
$$\vec{P}_{m_1 n} = \sum_{m=1}^n \frac{\omega(m)}{C_n^m} P_{m_1 n},$$

где $P_{m_1 n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i(m_1 n)$; $P_i(m_1 n) = \frac{Ni(m)}{Ni}$; $Ni(m)$ – число блоков с ошибками в m рядах; Ni – общее число блоков; $i = 1, 2, 3, \dots$;

$$\omega(m) = 2^{-r} (C_n^m - C_r^m) \text{ при } 0 < m \leq r,$$

$$\omega(m) = 2^{-r} C_n^m \text{ при } r < m \leq n,$$

$$r = n - k.$$



Графики зависимостей $P_{m_1 n}(r)$
Diagrams of dependence $P_{m_1 n}(r)$

В качестве иллюстрации на рисунке показаны зависимости $P_{m_1 n}(r)$ для БЧХ-кодов (31,26), (31,21), (31,16), (31,11) для моделированной [1] и реальной [2] последовательностей. Несмотря на некоторое отличие в абсолютных величинах $P_{m_1 n}$, которое можно объяснить погрешностями в задании интегральных распределений, идентичность формы зависимостей $P_{m_1 n}(r)$ для обеих последовательностей свидетельствует об удовлетворительной точности моделирования и целесообразности сравнительной оценки корректирующих кодов по данной методике.

Список литературы

1. Ли Б.Я., Полищук Л.Д., Рокотов С.П. Некоторые модели источников ошибок в гидроакустических каналах связи // Тр. СахКНИИ. – Владивосток, 1976. – Вып. 50.
2. Полищук Л.Д., Рокотов С.П. Флуктуации гидроакустических сигналов связи и закономерности распределения ошибок в принимаемых сообщениях // Тр. IX Всесоюз. акустической конф. – М., 1997. – С. 2.

Сведения об авторе: Полищук Леонид Демьянович, кандидат технических наук, доцент, e-mail: poelishchuk@mail.ru.

УДК 639.2

В.И. Семенов, С.В. Жигульская, Д.А. Пец

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ УЛОВИСТОСТИ ТРАЛОВ

Рассматривается возможность повышения производительности тралового промысла с помощью применения физических полей. В частности, используются импульсные источники света и оптомоторные реакции для дезориентации рыбы, с целью предотвращения ее выхода из трала.

***Ключевые слова:** физические поля, импульсный свет, оптомоторная реакция, дезориентация, химические поля, акустические поля, электрические поля, светотрал, «кампфузор».*

V.I. Semenenko, S.V. Zhigul'skaya, D.A. Pets

POSSIBLE WAYS TO INCREASE PRODUCTIVITY TRAWLING

In article considered the possibility of increasing productivity trawling, through the use of physical fields. In particular, using pulsed light sources and optomotor reaction to disorient the fish, to prevent its withdrawal from the trawl.

***Key words:** physical fields, pulsed light, optomotor reaction, disorientation, chemical fields, acoustic fields, electric fields, lighthtrawl, «kampfuzor».*

При траловом промысле рыба взаимодействует с разнообразными физическими полями, влияющими на ее поведение.

Проанализируем известные методы воздействия на поведение рыб.

1. Возможность воздействия на органы обоняния, вкуса и осязания

Значение запахов в жизни рыб велико и многообразно. Химические раздражители не теряют эффективности в течение продолжительного времени после их выделения в водную среду. Высокая чувствительность обонятельных рецепторов морских животных, позволяющая воспринимать чрезвычайно малые концентрации химических веществ, обуславливает большой ареал действия запахов.

В промышленном рыболовстве химические поля, которые доктор технических наук, профессор В.Н. Мельников называет «полями плотности массы», применяются в целях концентрации и направления объекта лова в залавливающие устройства.

Предпринимались попытки применения химических полей при траловом промысле. В том числе опробовалось применение наркотизирующих средств и углекислого газа, которые выпускались в мотенной части в процессе траления с целью снижения двигательной активности рыбы. Положительных результатов не получено. Было отмечено, что «применение полей растворенных и взвешенных веществ малоэффективно из-за больших затрат энергии и массы, а также трудности образования поля нужных размеров, формы и структуры».

Вкусовая чувствительность не тождественна обонятельной чувствительности у рыб. По мнению ряда исследователей, вкусовые рецепторы рыб выполняют функции поиска пищи в ближней зоне. В целях промышленного рыболовства они могут использоваться для привлечения объекта лова к пищевой приманке, например, при промысле ловушками. Использование их в активных орудиях лова, и особенно в тралах, маловероятно.

Органы осязания расположены на коже и на боковой линии рыбы. Эти рецепторы воспринимают непосредственный контакт с посторонним предметом, а также вибрации

и турбулентные потоки воды. Возможность создания искусственных физических полей для воздействия на эти органы чувств отмечается многими исследователями [1].

Однако, как показали подводные наблюдения за поведением рыбы в трале [2, 3], она слабо реагирует на турбулентные потоки, находясь в мотенной части трала. Рыба может вплотную подходить к сетному полотну, выходить сквозь крупноячейную дель и возвращаться обратно внутрь трала. Рыба быстро адаптируется к низкочастотным излучениям. Исходя из этого, создавать искусственные поля воздействия на органы осязания и боковой линии для повышения производительности тралов малоперспективно.

2. Способы воздействия на органы слуха

Звуковые волны, в отличие от других физических полей, распространяются в водной среде на очень большие расстояния. Такая особенность гидроакустических волн предопределяет их важную роль в жизни водных организмов.

Характер реакций различных рыб на искусственные акустические поля имеет много общего. Структура реакций строится по схеме: в начальный момент воздействия наблюдается изменение двигательной активности (рефлекс ориентации), после чего пищевая или оборонительная реакция. При дальнейшем воздействии данного звукового раздражителя рыбы адаптируются к нему, и реакция затормаживается, а затем прекращается.

Реакции рыб на акустические биосигналы более стабильны, направлены и избирательны, чем на звуки технического происхождения. Однако если акустическое поле практически не подтверждается сигнально-полезным значением, то рыба быстро адаптируется к нему.

При работе траловой системы рыба активно реагирует на акустические поля с дальних зон, в то время как вблизи излучателей звуков она быстро адаптируется. Ваера, траловые доски, кабели и крылья трала влияют на рыбу как концентраторы.

При заходе рыбы в мотенную часть трала и переориентации по ходу его движения реакция на звуковое излучение канатов и сетного полотна практически исчезает. Некоторые рыбы свободно выходят сквозь сетное полотно из трала и возвращаются обратно [2].

Применение акустических полей при траловом промысле наиболее эффективно для уплотнения косяка перед тралом и направления его в зону входного устья трала. Воздействовать звуком на рыбу, вошедшую в мотенную часть трала, малоперспективно.

3. Способы воздействия электрическими полями

Высокая электропроводность воды и особенно соленой морской воды предопределила способность рыб не только воспринимать и ориентироваться в электрическом поле, но и генерировать электрополя различных параметров в целях самообороны, нападения, ориентации и взаимного общения.

Электрические поля оказывают на рыбу безусловное действие и способны выполнять все управляющие функции.

Большинство работ, направленных на повышение производительности орудий лова, основано на применении высокоинтенсивных электрических полей постоянного, переменного и импульсного токов.

Отмечаются различные стадии реакции рыбы на электрические поля в зависимости от их свойств и параметров.

В полях постоянного тока это вначале ориентировочная двигательная реакция, при увеличении напряженности поля наступает оборонительная реакция (рыба сильно возбуждается и пытается выйти из зоны действия электрического поля), последующее усиление поля ведет к анодной реакции (безусловное движение к аноду), затем к наркотизации и к гибели рыбы.

При действии переменного и импульсного тока первые две стадии примерно те же, что и при действии постоянного тока. При увеличении напряженности электрического

поля рыба стремится занять положение поперек линий тока (зоны меньшего воздействия на мускульную систему рыбы), а при дальнейшем увеличении напряженности наступает электрошок. В полях импульсного тока поведение рыбы более разнообразно и зависит от амплитуды, формы, частоты и продолжительности импульсов.

Следует признать, что наибольшие успехи в управлении рыбой с помощью электрического тока были достигнуты в пресных водоёмах, так как пресная вода, обладая сравнительно слабой электропроводностью, позволяет создавать электрополя с высокой напряженностью с меньшими энергетическими затратами.

Суммируя известные способы применения электротока для управления рыбой в трале, следует признать, что они экономически будут оправданы в пресных водоёмах. Для работы в морской воде электрооборудование тралов громоздко, требует больших энергетических затрат. Несмотря на возможность значительного повышения уловистости тралов, применение электрооборудования будет сдерживаться его высокой стоимостью, требованием специального обслуживания и повышенных мер безопасности труда.

4. Способы воздействия на органы зрения

Зрение у большинства рыб, как и у большинства других животных, является важнейшим чувством, при помощи которого они ориентируются в окружающей среде и общаются между собой.

Особую роль в рыболовстве занимает промысел с помощью искусственного света. При этом различают положительные и отрицательные реакции рыбы на свет. При положительной реакции рыба привлекается к источнику света или концентрируется в зоне определенной освещенности. При отрицательной – уходит от источника света или из зоны высокой освещенности. Оба вида реакций могут использоваться в промышленном рыболовстве.

Информация об опытах по определению реакции рыб на импульсные источники света различных характеристик в литературе встречается с 1950-х гг.

Результаты экспериментальных работ с воздействием на рыбу импульсным светом и использования его при траловом промысле показывают перспективность управления поведением рыбы в трале в целях повышения его производительности. В отличие от электротралов световое оборудование во много раз компактнее, менее энергоёмко и абсолютно безопасно в эксплуатации. Свет экологически безвреден.

Из анализа вышеприведенных способов воздействия на поведение рыбы физическими полями можно построить модель взаимодействия рыбы с тралом и предложить наиболее эффективные способы повышения производительности тралов с применением физических полей.

5. Модель взаимодействия рыбы с тралом и судном

Наиболее достоверно выявить характер поведения рыбы при её облове тралом позволили натурные наблюдения из подводных аппаратов различных типов и с помощью гидроакустической техники.

В совокупности результаты подводных [4, 5, 2, 3] и гидроакустических [6] наблюдений позволили довольно достоверно представить процесс лова рыбы тралами. Его можно разбить на несколько последовательных этапов.

Первый этап – обнаружение рыболовной аппаратурой косяка или скопления косяков рыбы, определение курса траления, выход судна в точку постановки трала, постановка трала и вывод на предполагаемую глубину лова, выход судна на косяк рыбы и проход над ним (рис. 1). При этом косяк под воздействием шумового поля судна обычно немного заглубляется [7, 8].

Второй этап – попадание косяка рыбы в зону действия траловых досок и кабелей (рис. 2).

Третий этап – встреча рыбы с входным устьем трала (рис. 3).

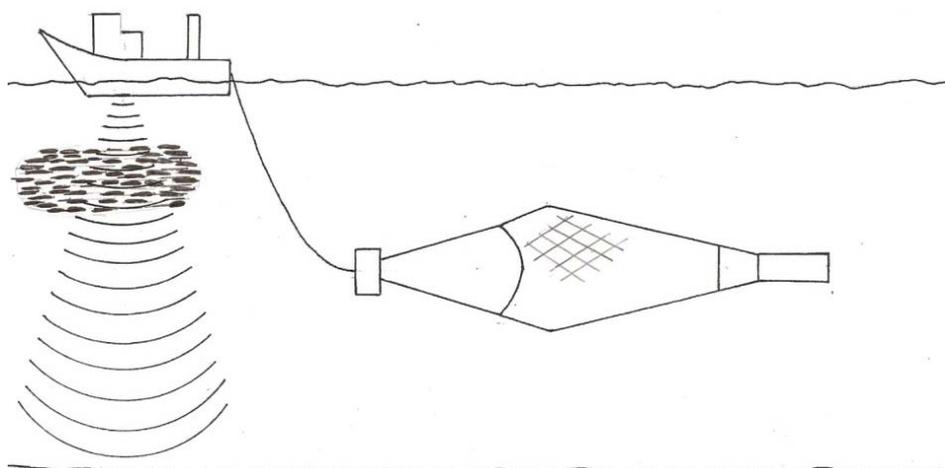


Рис. 1. Первый этап взаимодействия рыбы с тралом и судном
Fig. 1. First stage of interaction fish with trawl and with vessel

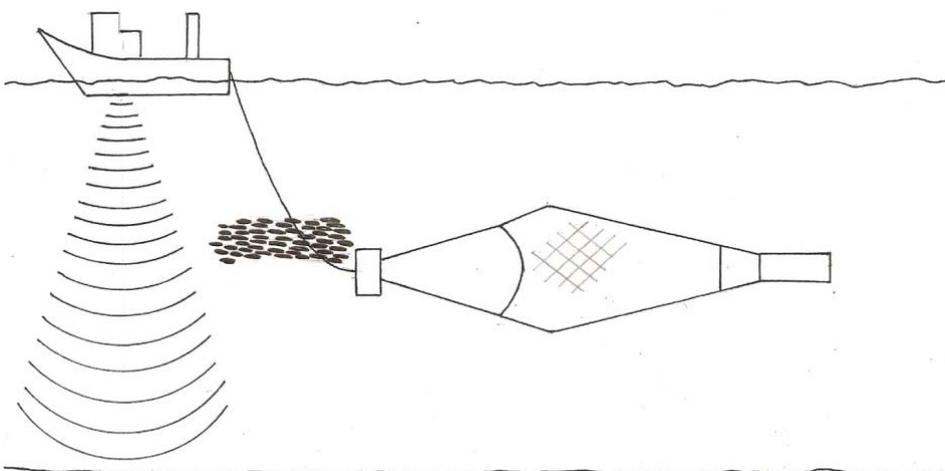


Рис. 2. Второй этап взаимодействия рыбы с тралом и судном
Fig. 2. Second stage of interaction fish with trawl and with vessel

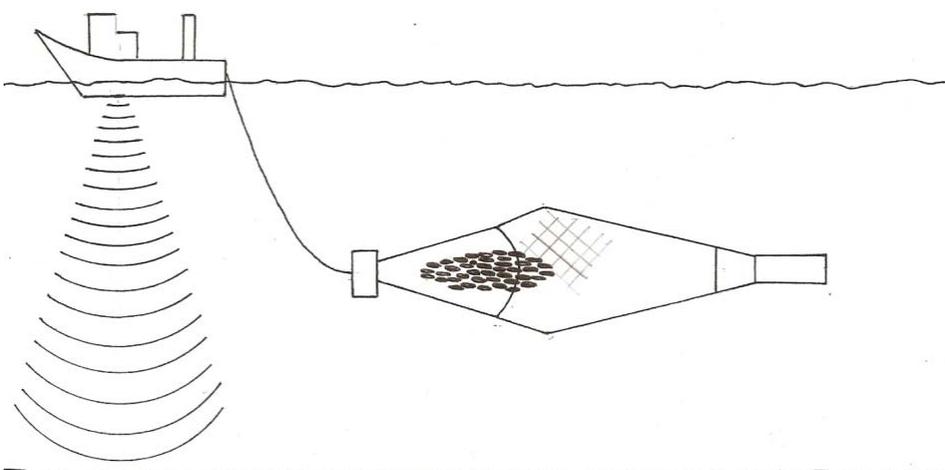


Рис. 3. Третий этап взаимодействия рыбы с тралом и судном
Fig. 3. Third stage of interaction fish with trawl and with vessel

Четвертый этап – формирование улова (рис. 4). В зависимости от скорости траления и энергетических возможностей рыба сразу попадает в траловый мешок, если её скоростные возможности ниже скорости трала, или попадает в траловый мешок, не выдерживая длительного движения со скоростью трала, т.е. в результате усталости. Из тралового мешка, по данным подводных наблюдений, рыба выходит крайне редко, так как там создаются вихревые потоки воды, а плотность скопления рыбы такова, что не позволяет ей развить необходимую скорость для выхода из тралового мешка. Перед выборкой трала, когда скорость буксировки значительно падает, рыба, находящаяся в мотеной части трала, обычно покидает его через крупную ячею или через устье трала.

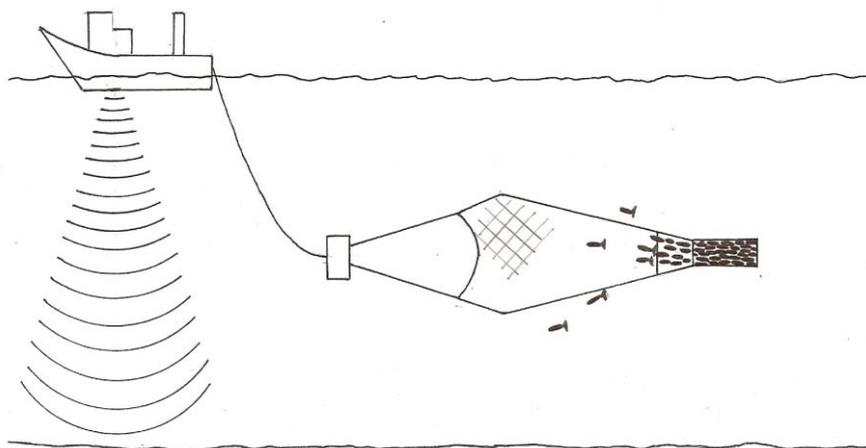


Рис. 4. Четвертый этап взаимодействия рыбы с тралом и судном
Fig. 4. Fourth stage of interaction fish with trawl and with vessel

Таким образом, в процессе траления на поведение рыбы влияют акустические поля судна, траловой оснастки и дели, турбулентные потоки, создаваемые траловой оснасткой и делью трала, зрительное восприятие рыбой элементов трала. Можно также с достаточной достоверностью утверждать, что во всем этом процессе присутствуют слабые электрические поля, излучаемые рыбой для внешней ориентации, и электрополя, излучаемые траловой системой.

Первоначальное зрительное восприятие рыбой траловой системы также играет роль направления рыбы внутрь трала. В дальнейшем, когда рыба вступает в оптомоторную реакцию с сетным полотном, зрительная реакция играет отрицательную роль, затрудняя прохождения рыбы в траловый мешок, что снижает производительность трала.

Определяется одна из задач повышения производительности трала – прервать оптомоторную реакцию рыбы или направить эту реакцию внутрь трала. Эта задача может решаться как методом силового воздействия на поведение рыбы, т.е. временная наркотизация, дезориентация и умерщвление рыбы, так и методами биофизического воздействия на её органы чувств.

Таким образом, воздействие на органы обоняния, вкуса и осязания не имеет перспектив при траловом промысле. Применение искусственных источников звука и низкочастотных колебаний может повысить эффективность тралового промысла при их использовании до захода рыбы в мотенную часть трала. Применение электротока будет высокоэффективно при работе в пресных водоемах.

Одним из путей повышения производительности промысла рыбы является дезориентация рыб искусственным светом и переориентация оптомоторной реакции рыб внутрь трала, так как наиболее важным органом ориентации многих рыб является зрение.

6. Методы повышения производительности трала

Для реализации этих методов предлагается использование светотрала (рис. 5) и оптомоторного трала (рис. 6). Первый из них на промысловых испытаниях подтвердил возможность повышения уловистости трала на 25-30 % при лове скумбрии, ставриды и иваси и на 80-100 % – при лове минтая. Второй требует технической доводки.

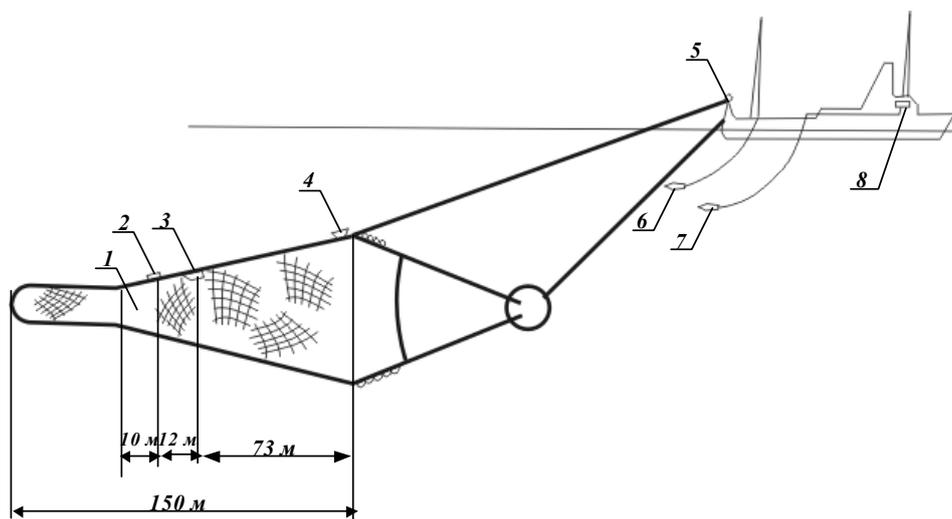


Рис. 5. Схема трала со световым оборудованием: 1 – траловый мешок; 2 – прибор контроля (устанавливается только при первичной настройке); 3 – импульсный светильник; 4 – траловый зонд; 5 – судно; 6 – параван тралового зонда; 7 – передатчик сигналов управления импульсным светильником; 8 – блок дистанционного управления
Fig. 5. Scheme of trawl with light equipment: 1 – trawler bag; 2 – control device (installed only when the initial configuration); 3 – pulsed light; 4 – trawler probe; 5 – ship; 6 – otter trawl probe; 7 – the transmitter control signals pulsed light; 8 – the remote control unit

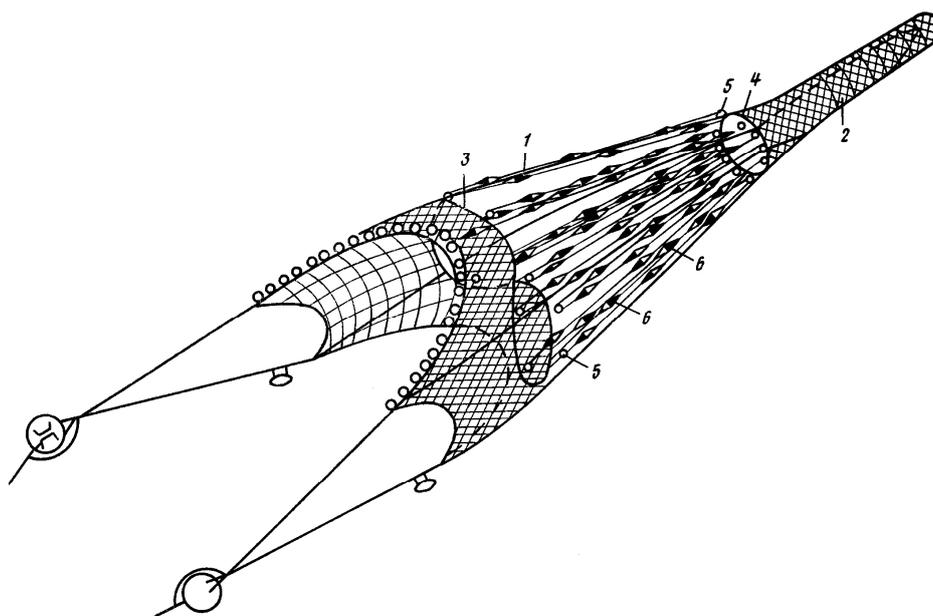


Рис. 6. Схематичное изображение оптомоторного трала
Fig. 6. Schematic image of optomotor trawl

Как уже отмечалось, многие рыбы способны длительное время двигаться вместе с современными тралами, скорость буксировки которых не превышает 5 уз. Повышение этой скорости до 6 уз и более позволяет свободно облавливать косяки даже таких скоростных рыб, как скумбрия и ставрида. Это доказано работой супертраулеров в ЮЗТО и в ЮВТО.

Для судов, не имеющих возможности буксировать трал с такими скоростями, нами предлагается применить гидродинамическую вставку, получившую патент на изобретение – авторы В.И. Семененко и В.В. Чернецов.

Техническое решение этого предложения состоит в том, что с помощью гидродинамической вставки, сужающей поток воды, который называется «кампфузор», появляется возможность значительного увеличения скорости потока воды на определенном участке мотенной части трала. Если такой «кампфузор» установить перед зоной критического уплотнения рыбы, то объект лова будет как бы втягиваться в траловый мешок, имеющий отцеживающий размер ячеи, и препятствовать его выходу в переднюю часть трала.

«Кампфузор» (рис. 7, 8) выполняется в виде полого усеченного конуса, изготовленного из водонепроницаемой мягкой ткани, например, из лавсанового полотна, применяемого для изготовления судовых парусов. Входная образующая часть «кампфузора» имеет отверстия по всему её периметру, через которые «кампфузор» крепится к внутренней стороне мотни, например, веревкой или капроновым шнуром.

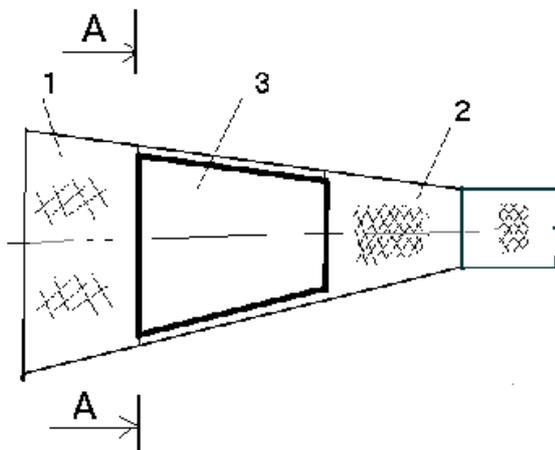


Рис. 7. Схема установки «кампфузора» в трале:

1 – мотенная часть трала; 2 – предкутковая часть трала; 3 – «кампфузор»

Fig. 7. Installation of «kamfuzor» in trawl:

1 – moten of the trawl; 2 – predkutkovaya part of a trawl; 3 – «kamfuzor»

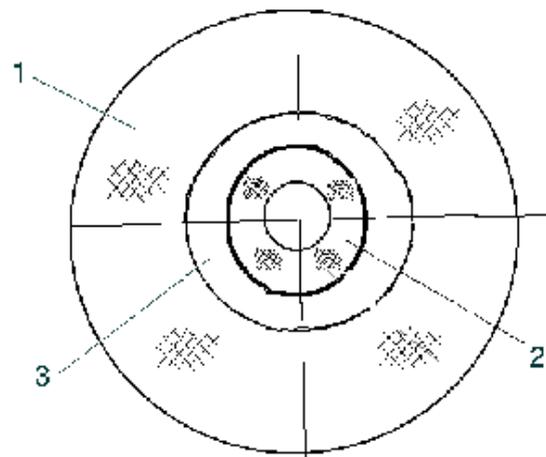


Рис. 8. Вид на «кампфузор» по А – А

Fig. 8. View of «kamfuzor» on A – A

Таким образом, на этом участке мотенной части трала при определенном соотношении входной и выходной площадей «кампфузора» можно создать скорость потока воды, которая может превышать естественную критическую (бросковую) скорость движения гидробионтов (крупных рыб, кальмаров и др.), позволит направить их в сторону тралового мешка.

Высокая скорость будет препятствовать выходу ловимого объекта из трала и тем самым снизит потери улова.

Организовать изготовление «кампуфзоров» можно практически на любой фабрике орудий лова.

Итак, мы можем сделать вывод, что наиболее перспективным является метод влияния на поведение рыбы с использованием импульсных источников света, а для повышения производительности тралов – использование гидродинамической вставки «кампуфзор».

Список литературы

1. Протасов В.Р. Поведение рыб // Механизмы ориентации рыб и их использование в рыболовстве [Текст] / В.Р. Протасов. – М.: Пищ. пром-сть, 1978. – 265 с.
2. Коротков В.К. Реакция рыб на трал, технология их лова [Текст] / В.К. Коротков. – Калининград, 1998. – 397 с.
3. Максимов Ю.М. Характерные особенности защитного поведения пелагических рыб Мексиканского залива в зоне облова донного трала [Текст] / Ю.М. Максимов // Вопр. ихтиологии. – 1976. – Т. 16. – Вып. 3 (98). – С. 532-540.
4. Выскребенцев Б.В. Подводные наблюдения в зоне работы орудий лова [Текст] / Б.В. Выскребенцев, М.П.Аронов // Рыб. хоз-во. – 1970. – № 2. – С. 21-22.
5. Коротков В.К. О поведении рыбы в трале [Текст] / В.К. Коротков // Рыб. хоз-во. – 1969. – № 7. – С. 23-24.
6. Семененко В.И. Применение импульсного света на траловом промысле [Текст] / В.И. Семененко // Поведение рыб в связи с техникой рыболовства и организацией маркультур: Материалы Всесоюз. конф. – Клайпеда, 1980. – Т. 2. – С. 52-53.
7. Кузнецов Ю.А. К вопросу о влиянии шумов промыслового судна на поведение тунцов [Текст] / Ю.А. Кузнецов, В.С. Китлицкий // Промышленное рыболовство. – Владивосток, 1975. – Вып. 5. – С. 74-80.
8. Семененко В.И. Ярусный и дрефтерный лов кальмаров в открытом океане // Промысловый флот и промышленное рыболовство [Текст] / В.И. Семененко, В.М. Полотов, Б.М. Колотовкин, С.А. Кульнев, Г.И. Лука / Тр. VI науч.-техн. конф. по развитию флота рыбной промышленности соц. стран. – Л.: Судостроение, 1987. – Т. 2. – С. 214-227.

Сведения об авторах: Семененко Валентин Иванович, кандидат технических наук, доцент;

Жигульская Светлана Витальевна, студентка, e-mail: orbitalka@inbox.ru;

Пец Дарья Аркадьевна, студентка, e-mail: pez_dasha@mail.ru.

УДК 639.2

В.И. Семененко

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

АНАЛИЗ СПОСОБОВ УПРАВЛЕНИЯ ПОВЕДЕНИЕМ РЫБ ЧЕРЕЗ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОРГАНЫ ЗРЕНИЯ

Зрение у большинства рыб, как и у большинства других животных, является важнейшим чувством, при помощи которого они ориентируются в окружающей среде и общаются между собой. Исходя из того, что дальность видения в воде в зависимости от её прозрачности не превышает 40-50 м, крупный исследователь поведения рыб В.Р. Протасов назвал органы зрения органами ближней ориентации у рыб.

Ключевые слова: бинокулярное зрение, оптомоторная реакция, искусственный свет, импульс, оптомоторные тела.

V.I. Semenenko

ANALYSIS OF CONTROL FISH BEHAVIOR THROUGH ITS IMPACT ON THE ORGAN OF VISION

Vision in most fish, like most others of animal is the most important sense through which they orient themselves in the environment and communicate with each other. Based on the fact that the range of vision in the water depends on its transparency does not exceed 40-50 meters, a prominent researcher fish behavior V.R. Protasov called the organs of sight – the near-orientation of the bodies of fish.

Key words: binocular vision, optomotor reaction, artificial light, boost, optomotor bodies.

Вопросу изучения органов зрения рыб посвящено множество работ отечественных и зарубежных исследователей [1, 2]. В зависимости от среды обитания (прозрачности и уровня освещенности воды) органы зрения у разных рыб развиты не одинаково. Есть рыбы, имеющие лишь светочувствительные клетки на коже, которые различают только свет и темноту. У рыб, живущих в воде с относительно высокой прозрачностью, зрительным рецептором является глаз. У каждого вида рыб глаза приспособлены к условиям их обитания и имеют соответствующее строение. Даже у глубоководных рыб, которые обитают в условиях почти полной темноты, имеются глаза. Это им необходимо, так как большинство глубоководных обитателей сами излучают свет.

Имея в своей структуре колбочки и палочки, глаз рыбы может адаптироваться к темноте (сумеречное зрение) или к свету (световая адаптация, или дневное зрение). При действии сильного или слабого света на глаз рыбы в его сетчатке происходят механические перемещения палочек, колбочек и пигмента относительно наружной пограничной мембраны. При действии сильного света на глаз рыбы колбочки подтягиваются к наружной мембране, а большая часть палочек закрывается пигментными клетками (установка на свет). При снижении освещенности к наружной мембране подтягиваются палочки, а большая часть колбочек прикрывается пигментными клетками (установка на темноту).

Глаза рыбы позволяют воспринимать световое излучение в диапазоне волн от 400 до 750 нанометров (нм). У разных рыб этот диапазон несколько отличен. При темновой адаптации диапазон светового восприятия находится в пределах от 400 до 650 нм, при световой – в пределах 480-750 нм.

Большинство рыб способны различать цвета, но цветовое зрение может проявляться только при освещенностях, превышающих сотые доли люкса. При более низкой освещенности всё воспринимается в сером цвете. Рыбы воспринимают зрительные образы и движение в широком диапазоне освещенностей: от 10^4 до 10^{-7} люкс. С уменьшением освещенности способность восприятия предметов и движения понижается.

Рыба обладает бинокулярным зрением и способна определять направление на предмет и на источник излучения, реагирует на движение предметов и может вступать с ними в оптомоторную реакцию (реакцию зрительного сопровождения или следования за двигающимся предметом).

По данным некоторых исследователей [1], в искусственном световом поле некоторые рыбы проявляют реакцию направленного движения к источнику света, причём эта реакция иногда безусловна и подобна анодной реакции [1].

По словам знаменитого физиолога, академика И.П. Павлова, «глаз – это частичка мозга, выведенная на поверхность головы», поэтому получить ответную реакцию, воздействуя на органы зрения, проще, чем при воздействии на другие органы чувств.

Видимо, по этой причине в рыболовстве зрительные реакции рыбы используются более часто, чем раздражители других органов чувств. Применяя отцеживающие орудия лова, стремятся сделать их более заметными в воде. Объячеивающие орудия лова наоборот стремятся сделать малозаметными. С давних времен известно, что рыба собирается под плавающими предметами и длительное время находится в их зоне. Это используют при кошельковом промысле, создавая искусственные плавучие в виде плотов. На Черном море широко применялся метод лова кефали «на рогожку». На воду опускали рогожные мешки, которые при дневном свете создавали под собой тень. Кефаль, очень осторожная рыба, стремилась перепрыгнуть это препятствие и падала на мешок, становясь добычей рыбаков.

Особую роль в рыболовстве занимает промысел с помощью искусственного света. При этом различают положительные и отрицательные реакции рыбы на свет. При положительной реакции рыба привлекается к источнику света или концентрируется в зоне определенной освещенности. При отрицательной – уходит от источника света или из зоны высокой освещенности. Оба вида реакций могут использоваться в промышленном рыболовстве.

Давно известен способ «лучить» рыбу. На носовой части лодки устанавливается корзина с горящими лучинами (впоследствии её заменили керосиновые и электрические фонари). Лодка медленно движется, и в световую зону заходит рыба, которую добывают острогами несколько рыбаков, стоящих по бортам лодки.

В Японии способы концентрации рыбы и кальмаров искусственным светом с последующим обловом сетями или крючками применяются с древних времен [4, 5]. Давно известны они также в Китае, Корее, на Тайване и в других странах субтропической и тропической зон.

В России искусственные световые поля в промышленном рыболовстве стали применять сравнительно недавно, со середины XX столетия. Этим исследованиям посвящены работы многих авторов [3, 6].

Наибольшее применение искусственный свет как средство концентрации нашел при промысле каспийской кильки с помощью рыбонасосов, при промысле тихоокеанской сайры бортовыми ловушками и при промысле кальмаров вертикальными крючковыми ярусами.

Большинство стайных рыб (сельдь, сардина, скумбрия, анчоус и др.) в определенные периоды жизни хорошо концентрируются искусственным светом. В отечественной практике были успешные опыты концентрации рыбы светом и облова её кошельковы-

ми неводами, но в России этот способ не нашёл широкого применения, как во многих других странах. Объяснить это можно отсутствием у нас специальных вспомогательных судов-подсветчиков.

Попытки применить искусственный свет как концентратор при траловом промысле успеха не имели. Н.Н. Данилевский в 1952 г. проводил экспериментальные работы с пелагическим тралом, на верхней подбуре которого устанавливались электрические лампы с питанием по кабелю с борта судна [3]. Он отмечает, что рыба при этом концентрировалась и двигалась перед тралом, не подходя к его устью. Сделан вывод о том, что рыба боится движущегося источника света. Ранее это подтверждал П.Г. Борисов.

В 1980-х гг. аналогичные работы проведены сотрудником ДВ филиала НПО промысловства Ю.В. Ерёминим на судне ТУРНИФа в Беринговом море. Отличие заключалось в том, что источники света оснащались щитками, которые позволяли создавать световую зону вокруг трала, оставляя входное устье в тени. Положительных результатов также не достигнуто. Но следует отметить, что для проведения экспериментальных работ было отведено очень мало времени. При более длительных опытах на различных видах рыб этот способ лова, возможно, имел бы успех.

В этот же период нами проведены эксперименты с движущимися импульсными источниками света. Десять автономных импульсных источников света располагались на канате длиной 400 м, который буксировали два судна. Пространство между судами и перед ними контролировалось гидролокаторами. Предполагалось, что этим способом можно концентрировать рыбу (в частности сайру Японского моря) между судами, а затем облавливать её близнецовым тралом. Успеха этот эксперимент не имел, возможно, также из-за кратковременности.

Примеров использования отрицательных реакций рыбы на свет для повышения уловистости орудий лова значительно меньше. Известен способ лова угрей ловушками, при котором вход в ловушку оставляют темным, а на периферии создают зону относительно высокой освещенности. Угри избегают освещенных участков воды и, двигаясь по темному коридору, попадают в ловушки.

При кошельковом лове скумбрии и иваси применялись светильники импульсного света и пиротехнические заряды импульсного действия для предотвращения выхода рыбы в «ворота» кошелькового невода. Эти изделия позволили на 30 % снизить количество пустых заметов кошельковых неводов. Они были массово внедрены на промысловых судах ВРПО «Дальрыба» с большим экономическим эффектом.

Информация об опытах по определению реакции рыбы на импульсные источники света различных характеристик в литературе встречается с 1950-х гг. [4, 5]. Американские ученые исследовали поведение сардины под действием импульсного света. В опытах на тихоокеанской сардине (*Sardina caerulea*) показано, что, находясь в темноте, эта рыба при включении источника света частотой 60 имп./мин уходит от него и собирается в темной части бассейна. В экспериментах с другим видом сардины (*Sardinia pilchardus*) исследовалось действие прерывистого света с разными отношениями длительности импульса к длительности паузы при предварительно постоянном освещении поверхности воды световым потоком в 9-12 лм/м². Эксперименты проводились в аквариуме размером 120x119x295 см и показали, что при непрерывном освещении наблюдалось образование типичных стай сардины с ориентацией членов стаи друг относительно друга. При длительности импульса 0,5 с ориентация сардины нарушалась спустя 1 с, а в течение 3 с вся стая распадавалась. Эксперименты показали, что импульсный свет может выполнять дезориентирующую функцию при лове рыбы.

В нашей стране такие опыты проводились в Клайпедском филиале НПО промысловства в 1960-1970-х гг. в аквариумных условиях методом электрофизиологии. Ры-

ба закреплялась в специальном зажиме, в определенный участок мозга её вводились электроды, а затем подавались световые вспышки различной длительности. По электрическим импульсам головного мозга определяли, воспринимает или нет рыба световой импульс. В опытах использовалась в основном треска Балтийского моря. Зарубежные и отечественные исследователи пришли, в общем-то, к единому выводу, что рыба воспринимает световые импульсы длительностью не менее 0,5 с.

Эти данные были заложены в конструкцию светового оборудования, устанавливаемую на трал, разработанную специалистами Калининградского НПО промысловства под руководством Ю.Н. Новикова. Ими создан светотрал «Фотон». Конструкция состоит из подводного блока с двумя галогенными лампами накаливания КГМ-12-200, связанного электрокабелем с надводным блоком управления. Длительность вспышек и пауз варьировалась в пределах 5-10 с. Оборудование испытывалось на промысле различных рыб в Атлантике. Подводными наблюдениями установлено, что стая рыб разрушается под действием импульсного света и рыба стремится покинуть эту зону. Промысловые испытания показали, что применение светового оборудования «Фотон» позволяет увеличивать уловистость разноглубинных и донных тралов на 20-30 %.

Результаты экспериментальных работ с воздействием на рыбу импульсным светом и использования его при траловом промысле показывают перспективность управления поведением рыбы в трале в целях повышения его производительности. В отличие от электротралов световое оборудование во много раз компактнее, менее энергоёмко и абсолютно безопасно в эксплуатации. Свет экологически безвреден.

Следует констатировать, что все исследователи отмечают отрицательную реакцию рыбы на импульсный свет. В то же время характер поведенческих реакций, наблюдаемых при опытах, не всегда идентичен. В некоторых случаях отмечается уход рыбы от источника импульсного света, в других – разрушение стаи. Ответные реакции на поле импульсного света у разных экологических групп не однотипны. Не выявлены зависимости между энергетическими величинами импульсного света, его временными характеристиками, характеристиками светового фона и поведенческими реакциями рыб. Вызывают также сомнения результаты электрофизиологических опытов по определению минимальной длительности вспышки, так как рыба находилась в условиях, далёких от естественных условий обитания. Можно предположить, что рыбы,двигающиеся в естественных условиях с различными крейсерскими скоростями, будут не одинаково воспринимать световые вспышки различной длительности. Быстрые рыбы, нам кажется, должны воспринимать более короткие световые вспышки, чем медлительные. Реакция рыбы должна также зависеть от яркости вспышки. Недостаточно отработана тактика лова с импульсным светом. Его нельзя подавать постоянно в процессе траления, так как это будет препятствовать заходу рыбы в трал.

Для управления рыбой в процессе траления световыми вспышками требуются знания гидрооптических характеристик воды в районе лова и условий естественной освещенности в различные периоды лова, так называемой фоновой освещенности.

Практически не изучен вопрос влияния биолюминесценции на процесс лова. То, что она существует, известно с давних времен. Имеется ряд работ, посвященных биолюминесценции. В них рассматривается в основном механизм светоизлучения планктона. Связи этого явления с поведением рыб никто не описывает. Нет информации о световом фоне и количественной его оценке в трале. Подводные наблюдатели констатируют, что трал в поле светящегося планктона представляет собой световой конус. Однако свтотехнических измерений этого свечения в трале не проводилось, влияние его на поведение рыбы никто не исследовал. Замеры яркости свечения планктона на различных глубинах и в различных точках Мирового океана проведены океанологами, но их результаты используются в основном в интересах министерств обороны.

Все эти вопросы требуют экспериментального подтверждения для создания импульсного светового оборудования с оптимальными энергетическими характеристиками.

Особую роль в зрительном восприятии окружающей обстановки играет оптомоторная реакция. Многими исследователями описаны оптомоторные реакции различных рыб как в естественных условиях жизни, так и при промысловых ситуациях [2]. Вступление рыб в оптомоторную реакцию с сетным полотном трала подтверждают подводные наблюдения разных исследователей. Отмечается, что рыба, вошедшая в трал, разворачивается по ходу его движения, вступает в оптомоторную реакцию с сетным полотном, длительное время движется вместе с тралом и может покинуть его в конце траления, когда скорость буксировки резко падает. Улов формируется за счет уставших рыб. Таким образом, оптомоторную реакцию рыбы в трале следует отнести к факторам, отрицательно влияющим на производительность трала. Эту реакцию необходимо разрушать, например, электротоком или световыми вспышками, а оптимальный вариант – направить эту реакцию внутрь трала.

Из известных попыток изменить направление оптомоторной реакции рыбы и направить её внутрь трала нам знакомы только разработки сотрудников Клайпедского филиала НПО промысловства. Они пытались использовать для этих целей стробоскопический световой эффект.

Предполагалось, что источник импульсного света, расположенный в центре мотенной части трала, при определенной частоте мельканий будет создавать иллюзию обратного движения. Такое происходит с глазом человека, когда он смотрит на предмет, вращающийся с большой угловой скоростью вокруг оси, при одновременной подаче на это место световых вспышек определенной частоты.

Мы не готовы обсуждать вопрос, как прореагирует на это рыба. Однако очевидно, что создать в воде световое поле, которое может осветить мотенную часть даже среднего трала, очень сложно технически. Сотрудники Клайпедского филиала НПО промысловства вскоре от своей идеи отказались.

Как один из возможных вариантов мы предлагаем способ переориентации оптомоторной реакции за счет движения относительно крупных, зрительно заметных тел внутри трала. Условно назовём их оптомоторными телами.

Оптомоторные тела мы предлагаем выполнить в виде полых конусов, оболочка которых изготовлена из мягкого материала, например, лавсановой ткани, применяемой для изготовления плавучих якорей. Материал должен иметь продольные складки типа «плиссе». Конус оснащается стропами и вертлюгами. При движении в воде конус будет или раскрываться, когда двигается основанием к набегающему потоку, или закрываться, когда двигается вершиной к набегающему потоку.

Канатная часть трала изменяется. Вместо обычных канатов устанавливаются так называемые бесконечные канаты. В цепь бесконечных канатов включают оптомоторные тела.

По периметру передней части трала и сетного мешка на гибких (канаты) кольцевых рамах устанавливаются ролики-формирователи. Через ролики-формирователи пропускают бесконечные канаты с оптомоторными телами таким образом, чтобы при движении раскрытый конус оказывался внутри трала, а закрытый двигался с внешней стороны.

Для большей контрастности на конуса можно нанести продольные полосы люминесцентной краской. При складывании конуса окрашенные части должны скрываться в складках.

При движении трала в воде конуса, ориентированные основанием к входному устью трала, будут заполняться водой. Конуса, ориентированные к входному устью вершинами,

будут складываться под напором воды. Разность сопротивлений внешних и внутренних конусов заставит бесконечные канаты двигаться вокруг роликов. При этом расправленные конуса с контрастными полосами, находящиеся внутри трала, будут двигаться от верхней подборы к траловому мешку, создавая иллюзию движения внутрь трала.

На эту конструкцию трала нами получено авторское свидетельство № 537657.

Ветвь бесконечного каната длиной 5 м в сложенном виде, с включенными в неё оптомоторными телами, была нами изготовлена и испытана в речном потоке. Канат пропусклся через два ролика-формирователя. Два человека, держа скобы роликов в руках, натягивали канат и опускали его под воду. Канат начинал вращаться вокруг роликов со скоростью, приблизительно равной скорости потока воды. Проводили опыты с ориентацией каната под углом к вектору потока. Канат продолжал вращаться вокруг роликов до угла 30°. При углах более 30° ветви начинали перехлестываться.

Угол атаки канатов мотенной части трала не превышает десяти градусов. Можно ожидать, что в трале при ламинарном потоке воды оптомоторные тела вместе с бесконечными канатами будут двигаться равномерно со скоростью, близкой к скорости траления. Иллюзию движения внутрь трала целесообразно создавать до зоны критического уплотнения рыбы. Далее она будет ослепляться импульсным светом и скатываться в траловый мешок.

Замеренный нами световой режим в трале позволяет утверждать, что оптомоторные тела будут зрительно восприниматься рыбой при тралениях на глубинах до 200 м практически в любое время суток. Можно полагать, что биолюминесценция ещё более усилит их видность. Планктон, попадая внутрь конусов, будет стимулироваться к свечению турбулентным потоком. Это также можно использовать для повышения контрастности оптомоторных тел.

Решение задачи переориентации оптомоторной реакции рыбы в трале может значительно повысить производительность тралового лова.

Список литературы

1. Гирса И.И. Биологические основы привлечения рыб на свет // Биологические основы управления поведением рыб [Текст]. – М., 1970. – С. 191-225.
2. Семенов В.И. Применение импульсного света на траловом промысле. Поведение рыб в связи с техникой рыболовства и организацией марикультур [Текст]: материалы Всесоюз. конф.– Клайпеда, 1980. – Т. 2. – С. 52-53.
3. Данилевский Н.Н. Опыт лова пелагическим тралом в Черном море с применением электросвета [Текст] // Рыб. хоз-во. – 1952. – № 2. – С. 15-18.
4. Исследование света в рыболовстве [Текст] / Ю. Имамура // Бюллетень научного общества рыболовства Японии. – 1972. – № 8. – С. 874-880.
5. Иноуэ М. Влияние света на поведение рыб [Текст] / М. Иноуэ // Бюллетень научного общества рыболовства Японии. – 1972. – № 8. – С. 907-912.
6. А.с. 537657 (СССР). Трал для лова рыбы / В.И. Семенов. – Заявл. 13.08.76.

Сведения об авторе: Семенов Валентин Иванович, кандидат технических наук, доцент.

УДК 629.12.073

А.М. Иванов

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет
690087, г. Владивосток, ул. Луговая 52б

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ МОРЕПЛАВАНИЯ В РАЙОНЕ ПРОМЫСЛА ПРИ РАБОТЕ С ТРАЛОМ

Выполнение правил маневрирования и ведение промысла на ограниченном пространстве при работе промысловых судов достигается хорошим знанием МППСС-72 и практическими навыками ведения промысловых операций.

Ключевые слова: безопасность мореплавания, хорошая морская практика, МППСС-72, наблюдение, сети зацепились за препятствие, туманные сигналы.

A.M. Ivanov

ENSURING THE FISHERY GROUND NAVIGATIONAL SAFETY IN TRAWL OPERATIONS

Following the maneuvering regulations in joint fisheries operations with the account of good marine and fishing practices allows to avoid fishing gear fouling. The latter can be obtained with good awareness of COLREG-72 [1] as well as with the practical skill of fisheries operations.

Key words: navigational safety, good marine practice, COLREG-72, observation, trawling, fishing gear fouling, fog signal.

Основная обязанность судоводителей при траловом промысле – безопасная работа судов и промысел на ограниченном пространстве. Для этого необходимы хорошие знания МППСС-72 [1], ПСПП-72 [2] и практические навыки ведения промысловых операций: постановка и выборка трала в группе судов, своевременное выставление ночных огней и дневных сигналов в соответствии с промысловой операцией.

Согласно МППСС-72 (Правило 5. Наблюдение) «каждое судно должно вести постоянное надлежащее визуальное и слуховое наблюдение так же, как наблюдение с помощью всех имеющихся средств, применительно к преобладающим обстоятельствам и условиям, с тем чтобы полностью оценить ситуацию и опасность столкновения». Кроме того, в районе промысла судоводители должны выполнять и Правила совместного плавания и промысла ПСПП-72 [2].

Эти правила будут выполняться судоводителями, если они будут получать информацию от других судов в виде огней и сигналов об их действиях и промысловых операциях.

Для этого должны быть выставлены дополнительные огни в ночное время, знаки и флажные сигналы днем при постановке трала, выборке трала и если орудия лова легли на грунт. Ввиду различных условий – выход из строя главного двигателя или задев орудий лова за грунт – дополнительно согласно к огням Пр. 26(в) (i), Пр. 26(в) (ii), Пр. 26(в) (iii) должны быть включены огни Пр. 2(a) (i), Пр. 2(a) (ii), Пр. 2(a) (iii), Пр. 2(в) (i), Пр. 2(в) (ii), Пр. 2(с), Приложение II.

Два белых огня один над другим – «Я выметываю сети» [3].

В дневное светлое время суток судно поднимает знак, состоящий из двух конусов, расположенных вертикально один над другим вершинами вместе, и на рее фок-мачты поднимает флаг «Я выметываю сети» (Z) по МСС-65 [4].

Белый и красный огни один над другим – «Я выбираю трал».

Днем судно поднимает флаг «Я выбираю трал» (G).

Судно, занятое ловом рыбы и остановившееся вследствие задева орудий лова за подводное препятствие, сцепления с орудиями другого судна или в результате большого улова, относится к судну, лишенному возможности управляться, поскольку в силу указанных причин оно не способно маневрировать так, как этого требует МППСС-72. В то же время такое судно в определенных пределах может производить некоторые маневры по освобождению от задева или сцеплений орудий лова. Другие суда должны обходить его, памятуя о том, что орудия лова у такого судна находятся в воде и представляют определенную опасность для плавания. В связи с этим в темное время суток в дополнение к огням судна, занятого ловом рыбы, оно несет два красных круговых огня, расположенных по вертикали один над другим на наиболее видном месте.

В светлое время суток судно, лишенное возможности управляться, поднимает флаг «Мои сети зацепились за препятствие» (Р) по МСС-65, продолжает нести знак, состоящий из двух конусов, расположенных вертикально один над другим вершинами вместе.

Дополнительные огни должны быть расположены на расстоянии не менее 0,9 м в сторону и ниже основных рыболовных огней.

Расстояние между дополнительными огнями должно быть не менее 0,9 м, нижний из этих огней должен находиться не менее чем 1,5 м над бортовыми огнями, а на судах длиной 12 м – не менее 1,5 м над планширем.

Дополнительные огни должны быть видны на расстоянии не менее 1 мили вокруг по всему горизонту, но их видимость должна быть меньше видимости основных рыболовных огней.

В соответствии с МППСС-72 суда, занятые ловом рыбы, во время тумана, мглы, снегопада, сильного ливня или при любых других условиях видимости, таким же образом ограничивающих видимость днем или ночью, должны подавать через промежутки времени не более 2 мин три последовательных звука, а именно: один продолжительный и вслед за ним два коротких.

Термин «продолжительный звук» означает звук продолжительностью от 4 до 6 с, а «короткий звук» – около 1 с. Дополнительно при выборке трала через 4-6 с должен подаваться после окончания основного сигнала сигнал два продолжительных звука и один короткий в соответствии с МСС-65 (G) – голф, промежуток между сигналами не более 1 мин.

При постановке трала дополнительный туманный сигнал два продолжительных и вслед за ним два коротких звука в соответствии МСС-65 (Z) – зулу.

При зацеплении трала за препятствие дополнительный звуковой сигнал – один короткий, два продолжительных и один короткий по МСС-65 (P) – папа.

Любое судно, для того чтобы привлечь внимание другого судна, может подавать звуковые сигналы, но такие, которые не могли бы быть по ошибке приняты за сигналы, установленные МППСС-72.

Необходимо отметить, что огни и знаки не являются взаимозаменяемыми.

Порядок смены огней знаками и знаков огнями должен строго соблюдаться и производиться в соответствии с истинным восходом и заходом солнца.

Сигнально отличительные огни будут обнаружены другим судном ранее силуэта самого судна при ухудшении визуальной видимости.

Огни следует выставлять независимо от ожидаемой продолжительности явления, вызвавшего ухудшение видимости, в том числе и при кратковременном (снежном заряде, полосы тумана и т.д.).

Огни следует выставлять при всех обстоятельствах, когда они могут дать дополнительную информацию о судне.

Включение огней днем в условиях ограниченной видимости должно производиться с одновременным выставлением знаков для светлого времени суток.

Суда, занятые ловом рыбы и лишившиеся возможности управляться в результате выхода из строя главного двигателя, рулевого устройства, промысловой лебедки, намотки орудий лова на винт или перо руля и т.д., а также при спуске или подъеме снастей промысловой лебедки или других механизмов, обеспечивающих эти действия, в темное время суток несут два красных огня по вертикали.

В дневное светлое время суток флаг заменяется двумя черными шарами, расположенными по вертикальной линии один над другим.

Рыболовные огни и знаки в этом случае необходимо держать до того момента, пока орудия лова не будут подняты на борт и не перестанут представлять опасность для судов, следующих вблизи.

При этом для предупреждения проходящих судов необходимо с помощью прожектора показать направление ваеров и сетной части трала, если трал оказался не выбран при аварии с механизмами выборки или выходе из строя главного двигателя, а также по этому направлению выпустить белые ракеты или использовать другие способы и средства предупреждения, которые не могли бы быть приняты за другие сигналы, установленные МППСС-72.

Выполнение правил маневрирования при совместном промысле с учетом хорошей морской и промысловой практики позволяет избежать сцепления орудий лова. Однако если это случилось, то разъединение и распутывание их следует производить так, чтобы как можно меньше повредить орудия лова и исключить аварийные случаи с судами.

Для предупреждения этого при сцеплении орудий лова одного судна с орудиями лова другого или с судном, стоящим на якоре или дрейфующим в районе промысла, необходимо судну, находящему в более затруднительном положении, немедленно выпустить белую ракету для обращения внимания сцепившегося судна и предупреждения других судов, находящихся по близости, и поднять по МСС-65 флаг «Вы должны немедленно остановить ваше судно» (L) – лима, направить луч прожектора в сторону опасности по направлению сцепившихся орудий лова, выпустить белые ракеты в сторону орудий лова.

Кроме визуальной информации при работе в скоплениях судов ведется наблюдение и на УКВ – 16-м канале, имеется практика у судоводителей при аварийных ситуациях оповещать все суда на промысле об аварийных происшествиях: о выходе из строя главного двигателя и аварийном происшествии с тралом, а также давать координаты места, чтобы другие суда приняли должные действия и обошли данный район и аварийное судно.

При наличии иностранного флота при работе в плотном скоплении судов сигнализация и информация о своих действиях приобретает большое значение.

На современном этапе, при оборудовании промысловых судов радиолокационными приборами САРП и электронной картографией, совместимой с эхолотами, для успешной работы и принятия правильных решений штурманский состав перед постановкой трала наносит в САРП цели судов, которые будут важны при тралении (следующих в одном направлении и контр-курсами), и постоянно поддерживает связь между судами. Расхождение судов на контр-курсах должно происходить на траверсной дистанции более 2 кб, при обоюдном изменении курса вправо при положении руля 5° не более, для увеличения дистанции отхода между судами, чтобы не было сцепления тралов согласно ПСПП-72.

Необходимо помнить, что при расхождении судов скорость падает, поэтому нужно приподнять трал, при этом знать дистанцию отхода от прописанных глубин, чтобы трал не вышел на непрописанные глубины, которые не занесены в электронную картографию, и не зацепился за необозначенное препятствие.

Кроме того, необходимо хорошо знать периоды промысловых операций: выборки ваеров, сетной части, крепления досок, выборки мешка, – а также возможности маневрирования на досках с укрепленным мешком на корме. Это необходимо, когда возникают ситуации и приходится в конце выборки трала уйти с промысловых глупбин, не мешать тралению других судов. Особенно важно учитывать направление ветра, так как при работе с тралами по системе «Дубль» [5] приходится выбирать то правый, то левый трал. При правом трале и ветре с правой стороны выборка ваеров и выборка сетной части трала сбивается за счет дрейфа и не представляет большого труда для судоводителя.

Если же левый трал и ветер с правой стороны, то приходится после выборки ваеров, крепления досок маневрировать, прижимать сетную часть к левой стороне слипа для выборки сетной части гинями, до мешка. При этом надо планировать место выборки трала. Левый трал выбирают на циркуляции влево, а правый – на циркуляции вправо. Для этого необходимо планировать район выборки трала или заранее уйти с курсов тралений других судов, включать необходимые сигналы и огни.

При тралении необходимо вести постоянное визуальное наблюдение и знать контуры и названия судов, работающих в районе промысла, а также слуховое наблюдение, чтобы знать где, когда и кто собирается выбирать или ставить трал, определять, как по отношению к данному судну находится ваше судно и какие меры придется вам принимать для расхождения с ним.

Постоянно следить за векторами нанесенных в САРП судов, по которым можно определить сближение, при неменяющемся пеленге и уменьшении дистанции между судами – дистанция кратчайшего сближения меньше 2 кб.

При обгоне другого промыслового судна необходимо держаться в стороне и проходить на траверсе более 2 кб согласно ПСПП-72.

При постановке трала необходимо соблюдать дистанцию до судна, идущего с тралом, соотносить скорость и курс постановки трала, чтобы не создавать помех и аварийных ситуаций.

Все эти особенности тралового промысла, сигнализация, наблюдение визуальное и слуховое, туманные сигналы, своевременное включение необходимых огней при промысловых операциях, знание особенностей архитектуры промысловых судов для их опознания, а также временных интервалов выборки и постановки трала позволят курсантам старших курсов научиться работать безопасно в группе судов.

Список литературы

1. Международные правила предупреждения столкновений судов в море 1972 г. (МППСС-72) [Текст]. – Одесса: Фенікс, 2007. – 93 с.
2. Правила совместного плавания и промысла судов флота рыбной промышленности, утвержденные Приказом Министерства рыбного хозяйства от 4 сентября 1972 г. № 285. ПСПП-72.
3. Бурханов М.В. Справочник-экзаменатор по огням, знакам и сигналам МПСС-72 [Текст] / М.В. Бурханов. – М.: Моркнига, 2010. – 158 с.
4. Международный свод сигналов МСС-65 [Текст]. – Изд. 2-е, исправл. и доп. ГУНиОМО, 1982.
5. Мельников В.Н. Устройство орудий лова и технология добычи рыбы [Текст] / В.Н. Мельников. – М.: Агропромиздат, 1991. – 384 с.

Сведения об авторе: Иванов Александр Михайлович, доцент, капитан.