

А. В. Дверник, Е. А. Волосникова

**ЗАВИСИМОСТЬ ВЕРТИКАЛЬНОГО РАСКРЫТИЯ
РАЗНОГЛУБИННОГО ТРАЛА
ОТ ХАРАКТЕРИСТИК СКОПЛЕНИЯ ПЕЛАГИЧЕСКИХ РЫБ
И СКОРОСТИ ТРАЛЕНИЯ
С УЧЕТОМ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ГЛУБИНЫ ХОДА ТРАЛА**

Отмечается, что судостроители постоянно наращивают мощность судов, а конструкторы орудий лова создают все больше тралов с большим раскрытием их устьевой части, очень мало заботясь при этом об экономической стороне эффективности работы. Решение проблемы лежит в плоскости поиска оптимальных по экономическим критериям соотношений между габаритами и режимом движения разноглубинных тралов. Целью исследований являлось изучение возможности улучшения экономических показателей с помощью глубокого изучения поведенческих особенностей объекта лова для разработки алгоритмов, позволяющих обоснованно связать технические и биологические характеристики трала и рыбы. Еще один важный момент – ознакомление настоящих и обучение будущих специалистов указанных профилей с новыми методами расчета по мере их появления в специальной литературе. Предложены формулы для определения вертикального раскрытия трала, показана возможность их использования в исследованиях достаточно широкого спектра вопросов взаимосвязи технических и биологических характеристик процесса лова разноглубинным тралом для двух наиболее часто встречающихся на практике случаев: уход объекта лов от устьевой части в разные стороны и его заглубление перед устьем. Представляется целесообразным в дальнейшем обратить внимание на оценку степени влияния параметров предложенных формул на величину вертикального раскрытия трала, его связи с горизонтальным раскрытием, согласование параметров раскрытия трала с тягово-скоростными возможностями траулера, а также исследования проблемы выбора оптимальных режимов траления при различных сочетаниях габаритов устья и скорости траления.

Ключевые слова: вертикальное раскрытие, разработка алгоритмов связи технических и биологических характеристик трала и рыбы, уход объекта лова, заглубление рыбы.

Введение

Проблемы биотехнического обоснования устройства и методов эксплуатации орудий лова специалисты считают одними из самых важных и сложных в науке о промышленном рыболовстве.

Наиболее интенсивные исследования в этой области приходится на вторую половину XX в. Их связывают с именами таких российских ученых, как Ф. И. Баранов (1948), С. Б. Гюльбаданов (1959), Л. А. Фридман (1962), М. М. Розенштейн (1964), В. А. Ионас (1967), А. И. Трещёв (1974), В. Н. Лукашов (1972), Н. Н. Андреев (1977). Перечень трудов по тематике, посвященной только донному и разноглубинному траловому лову, превышает 120 наименований. Наибольшую ценность среди них представляют те исследования, в основе которых лежали подводные наблюдения за поведением рыб в зоне действия натуральных орудий лова. Именно такие наблюдения, являющиеся первоисточниками в описании реальной картины лова, позволяют выделить наиболее характерные видотипичные черты поведения объекта лова и разрабатывать соответствующие математические модели, связывающие основные характеристики трала и рыбы.

В связи со сложностью организации и проведения систематических опытов с использованием таких подводных аппаратов, как «Атлант-1», «Тетис», их количество ограничено. Из работ, в которых результаты исследований доведены до этапа формирования алгоритмов расчета параметров трала с учетом характеристик рыбы, наиболее значимыми являются труды Л. А. Фридмана, М. М. Розенштейна и В. Н. Лукашова [1] в случае донного трала и В. Н. Мельникова [2] и В. И. Габрюка [3] для разноглубинного и донного тралов. Особое место в этом списке занимают исследования В. К. Короткова [4], результаты которых изложены в фундаментальном справочном пособии «Реакция рыб на трал, технология их лова». Исключительно важными стали также исследования разноглубинного тралового лова, результаты которых были изложены в 1988 г. в работе Э. А. Карпенко, П. С. Гюльбаданова и А. Н. Литвина [5].

Появление предлагаемой статьи обусловлено тем, что в настоящее время резко снизились объем и качество исследований по рассматриваемой проблеме, а результаты имеющихся разработок недостаточно используются в решении задачи по подъему научно-технического потенциала российского промышленного рыболовства.

Наблюдения за поведением рыбы показывают, что для каждого вида, размеров скопления рыбы и типа трала существует некоторая оптимальная скорость траления, при которой обеспечивается максимальный улов. Замечено также, что сильные быстроходные рыбы обычно легко уходят от трала, практически не попадая даже в его устьевую часть.

На эффективность лова не меньшее влияние оказывают также габариты и форма устья трала. Из истории изучения этого вопроса известно, что с учётом дальности и особенностей реакции рыбы на приближающийся трал существует минимальная площадь устья, при которой трал уже перестаёт ловить рыбу. Например, первые разноглубинные тралы, использовавшиеся во второй половине XX в., не ловили сельдь при площади устья 36–100 м² (габариты от 6 × 6 до 10 × 10 м). Эти данные соответствуют отечественному опыту освоения и развития разноглубинного тралового лова. При вылове той же сельди первые уловы были получены при размерах устья, превышающих 15 × 15 м [6, 7]. В дальнейшем габариты трала ещё больше увеличились, и к концу XX в. вертикальное раскрытие современных разноглубинных тралов достигло 100 м и более.

Однако чрезмерно большие габариты устья могут не дать ожидаемых уловов, поскольку приводят к росту гидродинамического сопротивления трала, снижению скорости траления, а также неоправданному увеличению затрат на его изготовление и последующую эксплуатацию всей рыболовной системы.

В этой связи В. К. Коротков [4] обращает внимание на то, что судостроители постоянно наращивают мощность судов, а конструкторы орудий лова соревнуются с ними в создании тралов со всё большим раскрытием их устьевых частей, при этом мало заботясь об экономической стороне эффективности работы промысловых судов и орудий лова.

Таким образом, если существующая тенденция не является следствием объективной реальности, вызванной постепенным сокращением мировых запасов промысловых рыб и соответствующим уменьшением плотности облавливаемых скоплений, то, очевидно, решение проблемы лежит в плоскости поиска оптимальных по экономическим критериям соотношений между габаритами и режимом движения разноглубинных тралов.

Улучшение экономических показателей, однако, невозможно без дальнейшего глубокого изучения поведенческих особенностей объекта лова с целью разработки алгоритмов, позволяющих обоснованно связать технические и биологические характеристики трала и рыбы. Вторым жизненно важным моментом является ознакомление настоящих и обучение будущих специалистов указанных профилей с новыми методами расчёта по мере их появления в специальной литературе.

Параметры, влияющие на вертикальное раскрытие, и модели взаимодействия объекта лова с тралом

Процесс лова разноглубинным тралом включает в себя следующие, последовательно реализуемые этапы:

1. Поиск и обнаружение промысловых скоплений с необходимыми характеристиками.
2. Прицельное наведение трала на косяки с целью максимального совмещения облавливаемого объёма с объёмом, занимаемым скоплением.
3. Охват скопления зоной действия устьевой части трала с характеристикой $v = S_y \cdot V_m$, называемой скоростью облова водного пространства.
4. Захват и удержание рыбы канатно-сетной оболочкой трала в процессе траления и последующего подъёма трала.

В общем случае эффективность лова оценивают по величине индекса уловистости рыболовной системы [2–4]:

$$y = \frac{Y}{t_{\text{ц}}}, \quad (1)$$

где Y – улов за один промысловый цикл; $t_{\text{ц}}$ – продолжительность промыслового цикла.

Выражение (1) в случае тралового лова может быть представлено в развёрнутом виде как

$$y = \psi \cdot \rho \cdot k \cdot \frac{V_o}{t_{\text{л}}} = \psi \cdot \rho \cdot k \cdot S_y \cdot V_{\text{т}}, \quad (2)$$

где ψ – коэффициент уловистости рыболовной системы; V_0 – облавливаемый объём; ρ – плотность облавливаемого скопления; k – коэффициент непрерывности лова; S_y – площадь устья трала; V_T – скорость траления.

Коэффициент уловистости рыболовной системы, в которой используется разноглубинный трал, является следствием работы различных блоков системы и особенностей поведения рыбы. В. Н. Лукашов [8] представил его в виде произведения частных коэффициентов эффективности выполнения операций на всех указанных выше этапах процесса лова. Отсюда

$$\psi = \psi_n \cdot \psi_v \cdot \psi_o \cdot \psi_3.$$

При нулевом значении любого коэффициента ψ становится также равным 0. Приведенные сомножители являются взаимозависимыми, поэтому при выборочном изучении хода процесса лова на каком-то одном этапе необходима обязательная оценка реакции соседних этапов на происходящие изменения тех или иных характеристик орудий лова.

Все параметры, входящие в формулу (2), также взаимозависимы, и на них существенное влияние оказывают характеристики поведения рыбы и уровень первоначального совмещения в водном пространстве соизмеримых величин облавливаемого объёма V_0 и объёма скопления V_c .

Если центры указанных объёмов полностью совмещены в результате прицельного наведения орудия лова на косяк (т. е. $\psi_n = 1$), возможны три варианта дальнейшего взаимодействия разноглубинного трала с объектом лова, показанные на рис. 1 (вариант, когда объём скопления $V_c \geq V_0$, на первом этапе наших исследований не рассматривается).

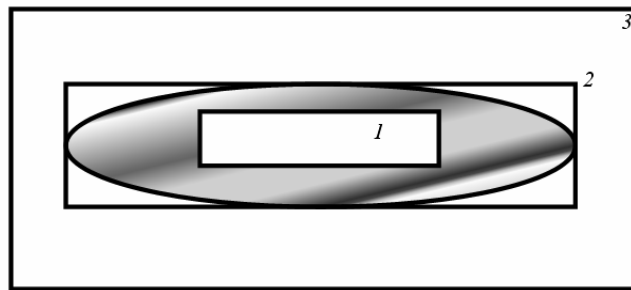
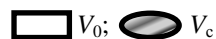


Рис. 1. Варианты взаимодействия разноглубинного трала с объектом лова:



В варианте 1 объём V_0 существенно меньше объёма V_c ; в варианте 2 – объёмы соизмеримы, в варианте 3 V_0 существенно больше V_c . На первый взгляд, оптимальным является вариант 2. В варианте 1 предполагаемый улов будет недопустимо мал, а в варианте 3 – облавливаемый объём чрезмерно велик и связан с неоправданными затратами. Однако всё сказанное будет справедливо, если процесс взаимодействия этих объёмов рассматривать в статике.

На самом деле еще в процессе прицельного наведения трала, косяк, попадая в предустьевую часть трала, реагирует на его элементы как на опасность и с некоторого расстояния от устья стремится уйти в ту или иную сторону.

Таким образом, важнейшей задачей специалиста промышленного рыболовства как при проектировании трала, так и его последующей эксплуатации является обоснование таких характеристик трала, которые уже на начальной стадии лова обеспечили бы максимальный охват и последующую поимку рыбы канатно-сетной оболочкой.

На следующем этапе наших исследований решение этой задачи ограничено разработкой алгоритмов, связывающих хорошо изученные характеристики поведения рыбы с вертикальным раскрытием трала и скоростью траления только в зоне влияния предустьевой части.

Предположим, что имеет место следующая модель идеализированного взаимодействия скопления с тралом. На рис. 2 скопление представлено в виде одной рыбы в материальной точке P , которая в момент времени t_0 начинает реагировать на трал, движущийся со скоростью V_T , с дистанции дальности реакции D_p . Условимся, что при этом рыба со скоростью V_p уходит из

зоны действия трала от центра в точке P вверх или вниз. Будем считать рыбу пойманной, если она к моменту времени $t_0 + \Delta t$ попадает в надвигающуюся плоскость OO_1 , ограниченную параметром раскрытия устья трала H . Отметим, что эта модель подходит также для случая, когда рыба уходит от центра P влево или вправо в горизонтальной плоскости.

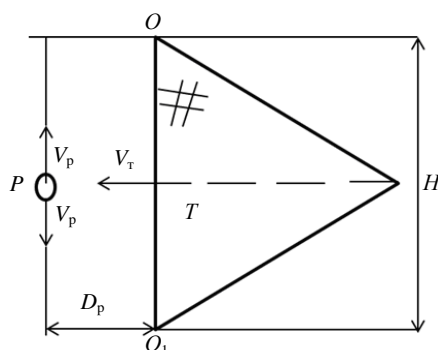


Рис. 2. Модель идеализированного взаимодействия скопления с тралом (скопление представлено в виде одной рыбы)

Тогда, за один и тот же промежуток времени лова Δt , трал должен пройти дистанцию дальности реакции D_p , а рыба – расстояние $\Delta h = \frac{H}{2}$. Тогда можно записать:

$$\frac{D_p}{V_t} = \frac{\Delta h}{V_p} \text{ или } H = \frac{2 \cdot D_p \cdot V_p}{V_t}. \quad (3)$$

Равенство (3) означает, что необходимое для захвата рыбы раскрытие трала прямо пропорционально зависит от параметров D_p и V_p и обратно пропорционально величине V_t .

Теперь усложним задачу и представим скопление (рис. 3) состоящим из двух рыб – A и B , размещенных на одной вертикали на расстоянии друг от друга, равном высоте скопления $h_{ск}$.

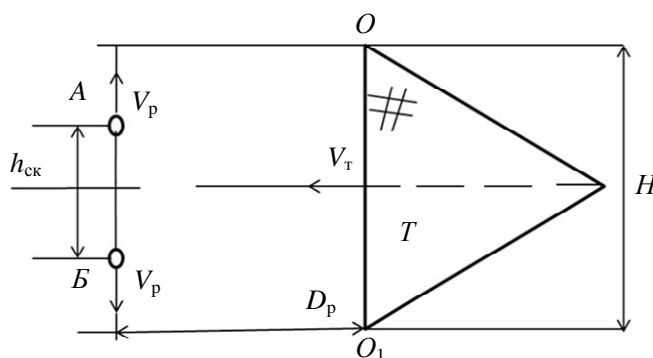


Рис. 3. Модель идеализированного взаимодействия скопления с тралом (скопление представлено в виде двух рыб)

По аналогии с первым случаем (рис. 2), при сближении трала T с рыбами на расстояние дальности их реакции D_p , они, избегая поимки, расходятся в разные стороны. Чтобы они оказались захваченными зоной действия трала, расстояние Δh , пройденное рыбами за время совмещения плоскости OO_1 с точками A и B , должно соответствовать условию

$$\Delta h = \frac{H - h_{ск}}{2}, \text{ отсюда } \frac{H - h_{ск}}{2 \cdot V_p} = \frac{D_p}{V_t} \text{ или } H = \frac{2 \cdot D_p \cdot V_p}{V_t} + h_{ск}. \quad (4)$$

Таким образом, успешный захват рыб, уходящих от трала в разные стороны, произойдет только в том случае, когда параметр раскрытия устья трала H будет превышать габаритный размер $h_{ск}$ скопления в соответствии с вариантом 3 на рис. 1 и при обязательном соблюдении условия (4). Отсюда оптимальным, с учетом динамики процесса лова рыбы, оказывается вариант 3, имеющий запас по габаритам и скорости, чтобы предотвратить уход рыбы из зоны действия трала.

Задавая габариты скопления и направление возможного ухода рыбы, рассмотрим ещё одну возможную схему взаимодействия орудия лова со скоплением в зоне влияния и в предустьевой части разноглубинного трала (рис. 4). На начальном этапе исследования примем форму устья также круговой с радиусом $\frac{H}{2}$, тем самым полагая равновероятным уход скопления от устья как по вертикали, так и по горизонтали.

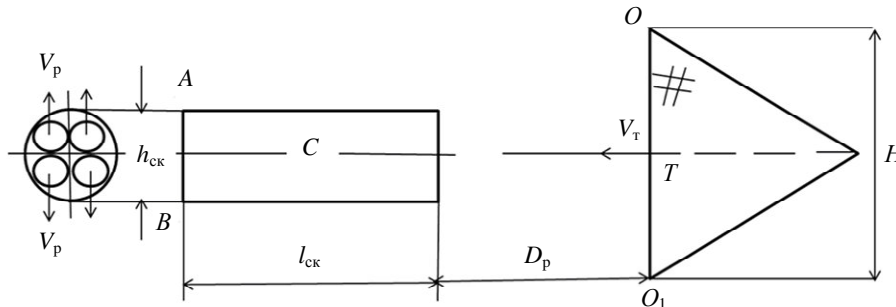


Рис. 4. Модель идеализированного взаимодействия скопления с тралом (рыба уходит в разные стороны)

Представим себе, что в какой-то момент времени t_0 трал, приблизившийся со скоростью V_t к скоплению, изображенному на рис. 4 в виде цилиндрического тела C с параметрами $h_{ск}$ и $l_{ск}$, на расстоянии D_p , воспринимается им как опасность.

Тогда все рыбы верхней и нижней половины цилиндра, как бы расступаясь перед тралом, одновременно устремляются в разные стороны из предустьевой части. Условимся считать рыб, находящихся до момента начала реакции в объёме цилиндра C пойманными, если ко времени $t_0 + \Delta t$, когда плоскость устья трала OO_1 совместится с основанием цилиндра AB , они не выйдут за пределы параметра раскрытия устья трала H . Выбор угловых точек A и B в качестве экстремальных связан с тем, что рыбы в этих местах находятся в наиболее благоприятных условиях для ухода из зоны действия трала и их охват гарантирует охват всего скопления.

Тогда трал за время Δt пройдет расстояние Δl , а рыбы – расстояние Δh .

$$\Delta l = D_p + l_{ск}, \quad \Delta h = \frac{H}{2} - \frac{h_{ск}}{2}.$$

Тогда можно записать:

$$\frac{D_p + l_{ск}}{V_t} = \frac{H - h_{ск}}{2 \cdot V_p} \quad \text{или} \quad H = \frac{2(D_p + l_{ск}) V_p}{V_t} + h_{ск}. \quad (5)$$

Обратим внимание на то, что во всех рассмотренных моделях рыба при испуге перемещается строго по вертикали или горизонтали. Такая идеализация выбрана нами сознательно, как частный случай, поскольку позволяет на первых этапах упростить математическое описание модели взаимодействий характеристик рыбы и трала. С другой стороны, такой характер поведения косяков, хотя и редко, но встречается в реальных условиях. В частности, В. К. Коротков [4] отмечает, что характер оборонительной реакции при действии на них отпугивающих факторов различен в зависимости от экологии рыб. Например, рыбы, обитающие в верхних слоях воды, делая рывок к поверхности, иногда стараются даже выпрыгнуть из воды. В. Н. Мельников [2], анализируя проблемы расчета скорости траления разноглубинного трала, обращает внимание на то, что иногда вместо обычного ухода рыбы вниз наблюдается и уход вверх, особенно при низкой освещенности водоема.

Формула (5), таким образом, позволяет по известным (заданным) значениям 5-ти переменных правой части рассчитать раскрытие H , обеспечивающее эффективный охват всего скопления зоной действия предустьевой части трала и «полноценную передачу» его в зону захвата канатно-сетной оболочки. Все переменные взаимозависимы. Из них 4 – D_p , h_{ck} , l_{ck} , V_p связаны с особенностями поведения рыбы, а скорость траления V_T должна ещё обязательно согласовываться с располагаемой тягой траулера.

Получить необходимые сведения по всем характеристикам можно, анализируя имеющуюся информацию в специальной литературе. В случае её недостатка будут целесообразными дополнительные экспериментальные исследования в условиях промысла. Эта проблема требует отдельного, более глубокого рассмотрения.

Вместе с тем такую работу можно планировать только тогда, когда есть уверенность, что изложенный выше подход и расчётные формулы достоверно отражают реальную картину процесса лова.

В этой связи обратимся к фундаментальным исследованиям поведения рыбы в зоне действия разноглубинного трала, результаты которых изложены в [4]. В этой книге, наряду с другими важными сведениями, содержатся справочные данные об особенностях поведения и различных характеристиках скоплений пелагических рыб. В частности, установлено, что характерной особенностью ставриды юго-восточной части Тихого океана (ЮВТО) и некоторых других пелагических рыб является заглубление скопления перед устьем приближающегося разноглубинного трала. Отметим, что в зависимости от начальной ориентации стаи по отношению к устью возможны две схемы ухода рыбы – от трала и в сторону трала нижнюю подбору.

Схема такого взаимодействия рыбы и трала для первого случая показана на рис. 5. Попытаемся вывести уравнение связи параметров процесса лова для этого случая.

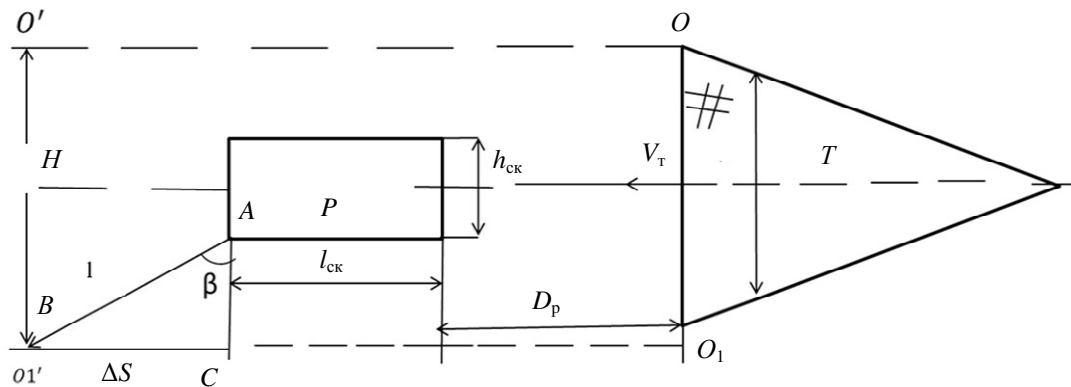


Рис. 5. Модель идеализированного взаимодействия скопления с тралом (заглубление рыбы)

За время t охвата скопления P трал должен пройти дистанцию (рис. 5):

$$D_p + l_{ck} + \Delta S.$$

Здесь

$$\Delta S = \frac{(H - h_{ck})}{2} \operatorname{tg} \beta.$$

Рыба, находящаяся в экстремальной точке A , должна до встречи с устьем трала $O'O_1$ пройти расстояние $l_p = \frac{H - h_{ck}}{2 \cdot \cos \beta}$.

Поскольку эти действия проходят одновременно, то

$$\frac{D_p + l_{ck} + \left(\frac{H - h_{ck}}{2} \right) \operatorname{tg} \beta}{V_T} = \frac{H - h_{ck}}{2 \cos \beta} \cdot V_p.$$

Сделаем преобразования:

$$\frac{D_p + l_{\text{ск}}}{V_T} = \frac{(H - h_{\text{ск}})}{2 \cdot V_p \cos \beta} - \frac{(H - h_{\text{ск}}) \operatorname{tg} \beta}{2 \cdot V_T};$$

$$\frac{2 \cdot (D_p + l_{\text{ск}})}{V_T} = (H - h_{\text{ск}}) \left(\frac{1}{V_p \cos \beta} - \frac{\operatorname{tg} \beta}{V_T} \right).$$

Отсюда

$$H - h_{\text{ск}} = \frac{2(D_p + l_{\text{ск}})}{V_T \left(\frac{1}{V_p \cos \beta} - \frac{\operatorname{tg} \beta}{V_T} \right)} = \frac{2(D_p + l_{\text{ск}})}{\frac{V_T}{V_p \cos \beta} - \operatorname{tg} \beta},$$

или

$$H = \frac{2(D_p + l_{\text{ск}}) V_p \cos \beta}{V_T - V_p \sin \beta} + h_{\text{ск}}. \quad (6)$$

Не составляет большого труда составить алгоритм для второго случая, когда рыба движется в сторону устья трала, заглубляясь под его нижнюю подбору. Он имеет вид

$$H = \frac{2(D_p + l_{\text{ск}}) V_p \cos \beta}{V_T + V_p \sin \beta} + h_{\text{ск}}. \quad (7)$$

Несложно также заметить, что если рыба будет уходить строго вниз по линии AC , то $\beta = 0$, $\cos \beta = 1$, $\sin \beta = 0$ и уравнения (6) и (7) преобразуются в ранее полученную формулу (5):

$$H = \frac{2(D_p + l_{\text{ск}}) V_p}{V_T} + h_{\text{ск}}.$$

Еще обратим внимание на то, что уравнения (6) и (7), будучи универсальными, применимы и для случая, когда рыба уходит от трала (или заходит в него) строго по линии его движения. При такой схеме взаимодействия угол $\beta = 90^\circ$ и уравнения (6) и (7) трансформируются в равенство $H = h_{\text{ск}}$.

Поскольку формула (5) проще в использовании, а точное значение угла β не всегда известно, то проверим, при каких условиях ею можно заменить более сложные формулы (6) и (7). В этом случае потребуется учесть следующее обстоятельство, отмеченное в [8]. Считают, что в вертикальном направлении скорость рыбы ограничена пагубным действием на нее перепада давления, происходящего при этом. Если увеличение гидростатического давления превышает $70 \text{ г}/(\text{см}^2 \cdot \text{с})$, то это неблагоприятно действует на физиологическое состояние многих видов рыб. Следовательно, погружение рыбы происходит со скоростью, как правило, не более $0,7 \text{ м/с}$. Скорость подъема тоже не превышает этого предела, поскольку при подъеме также должны происходить более тяжелые изменения в организме рыбы.

Предположим, что если угол, под которым рыба уходит, заглубляясь под нижнюю подбору трала, составляет $\beta = 45^\circ$, то $\cos 45^\circ = \sin 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2}$. Если скорость траления на лове, например, ставриды равна $V_T = 2,3 \text{ м/с}$, а скорость ее ухода в наклонной плоскости $V_p = 1,5 \text{ м/с}$, расчет по формуле (5) дает следующее значение:

$$H = \frac{2(D_p + l_{\text{ск}}) V_p \cos \beta}{V_T + V_p \cdot S \cdot \sin \rho} + h_{\text{ск}} = \frac{2(D_p + l_{\text{ск}}) 1,05}{2,3 + 1,05} + h_{\text{ск}} = \frac{2(D_p + l_{\text{ск}}) 1,05}{3,35} + h_{\text{ск}},$$

$$H = \frac{2(D_p + l_{ck}) 0,7}{2,3} + h_{ck}.$$

Таким образом, формула (5) хорошо заменяет формулу (7), т. к. отношение $0,7/2,3 = 1,05/3,35 = 0,3$. Такой сходимости результатов не наблюдается при использовании формулы (6), что следует учитывать при выполнении расчетов H .

Использование формул (5)–(7) для практических расчетов параметров раскрытия разноглубинного трала возможно только после проверки достоверности полученных результатов. Однако, прежде чем выполнить эту важную работу, вспомним: на начальном этапе исследования все указанные равенства были получены из условия, что достигнуто идеальное наведение трала на косяк.

На самом деле на практике прицельность зависит от ряда факторов: квалификации и опыта оператора, типа аппаратуры, гидро- и метеоусловий в районе промысла, глубины нахождения косяка, размеров трала. Например, телеметрическая аппаратура для контроля параметров трала «Ленинград» [9] позволяла дистанционно измерять глубину хода трала в пределах 20–400 м с погрешностью в диапазоне глубин 20–200 м $\pm 4\%$.

Таким образом, если в качестве объекта лова взять, например, ставриду ЮВТО, находящуюся на горизонте от 100 до 200 м, то ошибка Δz в наведении трала, только из-за несовершенства приборов, может в предельном случае достигать ± 8 м. Вследствие этого, с учетом всего сказанного выше, в расчеты вертикального раскрытия по формулам (6) и (7) надо вводить поправку $+ 16$ м. Тогда равенства (6) и (7) должны в общем случае принять следующий вид:

$$H = \frac{2(D_p + l_{ck}) V_p}{V_T} + h_{ck} + 2 \cdot \delta z \cdot z, \quad (8)$$

$$H = \frac{2(D_p + l_{ck}) V_p \cos \beta}{V_T - V_p \cdot \sin \beta} + h_{ck} + 2\delta z \cdot z \quad (9)$$

и

$$H = \frac{2(D_p + l_{ck}) V_p \cos \beta}{V_T + V_p \sin \beta} + h_{ck} + 2\delta z \cdot z, \quad (10)$$

где δz – относительная погрешность аппаратуры (в нашем случае равна 0,04); z – горизонт (глубина) нахождения косяка (или трала), м.

Поскольку ранее было показано, что формула (5) в диапазоне углов от 0 до 45° хорошо заменяет формулу (7), сравнительные расчеты с учетом ошибки наведения проведем по формуле (8).

Данные примера расчёта вертикального раскрытия устья разноглубинных тралов для случая ухода рыбы в сторону трала с заглублением под нижнюю подбору, взятые из [4], представлены в таблице.

Показатель, м	Район промысла ставриды			
	ЦВА		ЮВТО	
	День	Ночь	День	Ночь
	Вариант			
	1	2	3	4
Усредненная величина h_{cn} с накопленной частотой встречаемости 80–90 %	27	30	63	40
Радиус реакции ставриды r_p	8	6	9	6
Математическое ожидание разности ординат (погрешность наведения трала) m_z	7	3	9	8
Вертикальное раскрытие, $H = h_{ck} + 2z_p + m_z$	50	45	90	60

* Центрально-Восточная Атлантика.

Используя справочные данные о характеристиках скоплений ставриды из того же источника [4], выполним необходимые расчёты по формуле (8) для всех вариантов, если горизонт нахождения скоплений составляет 150 м, погрешность $2\delta z = 0,12$ от этой величины.

$$1. D_p = 8 \text{ м}, l_{\text{ск}} = 10 \text{ м}, h_{\text{ск}} = 27 \text{ м}, V_p = 0,7 \text{ м/с}, V_T = 2,5 \text{ м/с:}$$

$$H = \frac{2(10+8)0,7}{2,5} + 27 + 2 \cdot 0,06 \cdot 100 = 49 \text{ м.}$$

$$2. D_p = 6 \text{ м}, l_{\text{ск}} = 10 \text{ м}, h_{\text{ск}} = 30 \text{ м}, V_p = 0,7 \text{ м/с}, V_T = 2,5 \text{ м/с:}$$

$$H = \frac{2(6+10)0,7}{2,5} + 30 + 2 \cdot 0,06 \cdot 100 = 51 \text{ м.}$$

$$3. D_p = 9 \text{ м}, l_{\text{ск}} = 10 \text{ м}, h_{\text{ск}} = 63 \text{ м}, V_p = 0,7 \text{ м/с}, V_T = 2,5 \text{ м/с:}$$

$$H = \frac{2(9+10)0,7}{2,5} + 63 + 2 \cdot 0,06 \cdot 100 = 86 \text{ м.}$$

$$4. D_p = 6 \text{ м}, l_{\text{ск}} = 10 \text{ м}, h_{\text{ск}} = 40 \text{ м}, V_p = 0,7 \text{ м/с}, V_T = 2,5 \text{ м/с:}$$

$$H = \frac{2(6+10)0,7}{2,5} + 40 + 2 \cdot 0,06 \cdot 100 = 61 \text{ м.}$$

Сравнение полученных данных по вариантам (вариант 1 – 50/49, вариант 2 – 45/51, вариант 3 – 90/86, вариант 4 – 60/61) свидетельствует о неожиданно высокой сходимости результатов, хотя в таблице и не приведены данные о фактическом горизонте лова, скоростных характеристиках трала и рыбы.

Заключение

Таким образом, формулы (8)–(10) адекватно отражают реальные процессы и могут использоваться в исследованиях достаточно широкого спектра вопросов о взаимосвязи технических и биологических характеристик процесса лова разноглубинным тралом для двух наиболее часто встречающихся на практике случаев: 1) если объект лова при встрече с тралом уходит от его устьевой части в различные стороны; 2) если заглубляется перед устьем под нижнюю подбору.

Вместе с тем, при планировании последующих исследований, представляется целесообразным обратить внимание на оценку степени влияния параметров, входящих в предложенные уравнения, на погрешность расчета вертикального раскрытия трала, а также его связи с горизонтальным раскрытием в зависимости от формы и размеров облавливаемых скоплений. Затем, с учетом того, что полученные результаты распространяются только на предустьевую часть, необходимо связать их с характеристиками всей канатно-сетной оболочки.

Поскольку из формул (8)–(10) следует, что одно и то же скопление рыбы с характеристиками $h_{\text{ск}}, l_{\text{ск}}, D_p, V_p$ теоретически может облавливаться множеством вариантов тралов с различными сочетаниями взаимосвязанных параметров H_i, V_{Ti} , важно определить, какие варианты на практике окажутся оптимальными по эффективности охвата рыбы с учетом тягово-скоростных возможностей траулеров и других факторов, сопровождающих процесс лова.

Прицельность лова обеспечивается комплексом технических средств (рыбопоисковые приборы, тяга судна, приборы контроля работы орудия лова и т. п.), качество работы которых в конечном итоге определяет численное значение этой характеристики. Разработка и совершенствование узлов этого комплекса требуют различных творческих усилий, затрат средств и времени. В связи с этим очень важно выяснить роль каждого узла. Такую задачу в будущем можно решать на основе анализа аналитической связи прицельности с основными характеристиками обеспечивающих ее средств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фридман А. Л. Проектирование и испытание тралов / А. Л. Фридман, М. М. Розенштейн, В. Н. Лукашов. М.: Пищ. пром-сть, 1973. 262 с.
2. Мельников В. Н. Биотехническое обоснование показателей орудий и способов промышленного рыболовства / В. Н. Мельников. М.: Пищ. пром-сть, 1979. 375 с.
3. Габрюк В. И. Методы биотехнического обоснования и расчета параметров траловой системы / В. И. Габрюк. Владивосток 1982. 248 с.
4. Коротков В. К. Реакция рыбы на трал, технология их лова / В. К. Коротков. Калининград: Страж Балтики, 1998. 398 с.
5. Карпенко Э. А. Комплексные сравнительные испытания тралов в основных районах промысла / О. А. Карпенко, П. С. Гюльбадамов, А. Н. Литвин. Калининград: Изд-во КГТУ, 1988. 159 с.
6. Дверник А. В. Эксплуатация рыболовных систем и орудий лова / А. В. Дверник. Калининград, Изд-во КГТУ, 2008. 59 с.
7. Дверник А. В. Задачи и примеры расчётов по устройству и эксплуатации орудий промышленного рыболовства / А. В. Дверник. М.: Моркнига, 2015. 152 с.
8. Лукашов В. Н. Устройство и эксплуатация орудий промышленного рыболовства / В. Н. Лукашов. М.: Пищ. пром-сть, 1971. 367 с.
9. Унгерман М. Н. Техника океанологических наблюдений на поисковых и промысловых судах / М. Н. Унгерман, П. К. Губер. М.: Пищ. пром-сть, 1973. 212 с.

Статья поступила в редакцию 20.03.2015,
в окончательном варианте – 25.06.2015

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Дверник Александр Васильевич – Россия, 236022, Калининград; Калининградский государственный технический университет; г-р техн. наук; профессор кафедры «Промышленное рыболовство»; nedostup@klgtu.ru.

Волосникова Елена Андреевна – Россия, 236022, Калининград; Калининградский государственный технический университет; аспирант кафедры «Промышленное рыболовство»; mickey_15@mail.ru.



A. V. Dvernik, E. A. Volosnikova

**DEPENDENCE OF VERTICAL OPENING OF MIDWATER TRAWLS
ON THE CHARACTERISTICS OF GATHERING
OF PELAGIC FISH AND TRAWLING SPEED
TAKING INTO ACCOUNT THE MEASUREMENT DEVIATIONS
OF TRAWL DEPTH**

Abstract. The article points out that the shipbuilders are constantly increasing the capacity of vessels and fishing gear designers create more trawls with a large opening of their mouth part, with very little concern about the economy efficiency. Solution to the problem lies in the search of optimal economic criteria relationship between size and mode of movement of midwater trawls. The aim is to improve economic performance through a deep study of the behavioral features of the target species in order to develop algorithms that reasonably relate technical and biological characteristics of the trawl and fish. The second important point is to introduce present and to train future specialists of these profiles with the new methods of calculation as they appear in the literature. The formula for determining the vertical opening are developed and the possibility of their further use in the studies of the sufficiently broad range of issues concerning the relationship of technical and biological characteristics of the process of fishing using midwater trawls for the two most commonly used in practice cases: nursing fishing facility from the mouth part in different directions and its deepening in front

of the mouth is shown. It seems appropriate for further work to draw attention to the assessment of the influence of the parameters of the formulas on the value of the vertical opening of the trawl, its relation to the horizontal opening, correlation of the parameters of opening the towing trawl – trawler speed capabilities, as well as to study the problem of choosing the optimal modes of trawling for various combinations of dimensions of mouth and towing speed.

Key words: vertical opening, development of algorithms for combination of technical and biological characteristics of the trawl and fish, care of the target species, deepening of fish.

REFERENCES

1. Fridman A. L., Rozenshtein M. M., Lukashov V. N. *Proektirovanie i ispytanie tralov* [Designing and testing the trawls]. Moscow, Pishchevaia promyshlennost' Publ., 1973. 262 p.
2. Mel'nikov V. N. *Biotekhnicheskoe obosnovanie pokazatelei orudii i sposobov promyshlennogo rybolovstva* [Biotechnical explanation of the parameters of the tools and methods of industrial fishery]. Moscow, Pishchevaia promyshlennost' Publ., 1979. 375 p.
3. Gabriuk V. I. *Metody biotekhnicheskogo obosnovaniia i rascheta parametrov tralovoi sistemy* [Methods of biotechnical explanation and calculation of the parameters of the trawling system]. Vladivostok, 1982.
4. Korotkov V. K. *Reaktsiia ryby na tral, tekhnologiia ikh lova* [Fish response to trawl, technology of their catching]. Kaliningrad, Izd-vo KGTU, 1998. 398 p.
5. Karpenko O. A., Giul'badamov P. S., Litvin A. N. *Kompleksnye sravnitel'nye ispytaniia tralov v osnovnykh raionakh promysla* [Complex comparative tests of trawls in the main fishing areas]. Kaliningrad, Izd-vo KGTU, 1988. 159 p.
6. Dvernik A. V. *Ekspluatatsiia rybolovnykh sistem i orudii lova* [Exploitation of fishing systems and catching tools]. Kaliningrad, Izd-vo KGTU, 1997. 59 p.
7. Dvernik A. V. *Zadachi i primery raschetov po ustroistvu i ekspluatatsii orudii promyshlennogo rybolovstva* [Tasks and examples of calculation and exploitation of the industrial fishing tools]. Moscow, Morkniga, 2015. 152 p.
8. Lukashov V. N. *Ustroistvo i ekspluatatsiia orudii promyshlennogo rybolovstva* [Structure and exploitation of industrial fishing tools]. Moscow, Pishchevaia promyshlennost' Publ., 1971. 367 p.
9. Ungerman M. N., Guber P. K. *Tekhnika okeanologicheskikh nabliudenii na poiskovykh i promyslovykh sudov* [Technology of the oceanic observations on the research and commercial vessels]. Moscow, Pishchevaia promyshlennost' Publ., 1973. 212 p.

The article submitted to the editors 20.03.2015,
in the final version – 25.06.2015

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Dvernik Alexander Vasilievich – Russia, 236022, Kaliningrad; Kaliningrad State Technical University; Doctor of Technical Sciences; Professor of the Department "Commercial Fishery"; nedostup@klgtu.ru.

Volosnikova Elena Andreevna – Russia, 236022, Kaliningrad; Kaliningrad State Technical University; Postgraduate Student of the Department "Commercial Fishery"; mickey_15@mail.ru.

