

Обоснование основных параметров близнецовой траловой системы для судов малого и среднего классов

*О.Н. Кручинин,
М.А. Мизюркин,
Е.А. Захаров,
В.М. Волотов,
Ю.В. Ерёмин*

Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО»
(ТИНРО), г. Владивосток

E-mail: egor.zakharov@tinro-center.ru

Представлены материалы по сравнительной эффективности орудий лова, используемых для добычи (вылова) тихоокеанской сардины и скумбрии в северо-западной части Тихого Океана (СЗТО). Показано, что эффективность добычи тихоокеанской сардины иваси близнецовым тралом в 3,5–4,8 раза выше, чем лов разноглубинными тралами. При добыче скумбрии картина противоположная: эффективность близнецового лова в 3,0–8,9 раз ниже показателей лова разноглубинными тралами. Такое положение вещей указывает на необходимость совершенствования техники и тактики промысла подвижных объектов лова близнецовыми тралами, что предполагает обоснование рабочих параметров близнецовой траловой системы в соответствии с энергетическими возможностями промысловых судов различного тоннажа и разработку предложений по совершенствованию оснастки близнецовой траловой системы для промысловых судов малого и среднего классов. Теоретически обоснованы параметры близнецовых тралов и разработано техническое предложение по оснастке разноглубинного трала сетной вставкой, снижающей вероятность выхода рыбы из зоны облова под нижней подборой трала.

Ключевые слова: близнецовая траловая система, тихоокеанская сардина, скумбрия, показатели добычи сардины и скумбрии, полезная тяга судов, вероятность облова рыб близнецовым тралом, оснастка близнецовой траловой системы для промысловых судов малого и среднего классов.

ВВЕДЕНИЕ

Наиболее продуктивным районом Мирового океана является северо-западная часть Тихого океана. Несмотря на богатое видовое разнообразие пелагических рыб в этом районе (тихоокеанская сардина, скумбрия, тунцы, анчоус, волосохвост, королевская макрель и др.) [Фадеев, 2005], в настоящее время российским промысловым флотом осваивается только тихоокеанская сардина иваси и скумбрия. Добыча и учёт этих видов водных биологических ресурсов (ВБР) производится, в основном, разноглубинными канатными тралами. Учитывая высокие скоростные возможности и реакцию косяков сардины и скумбрии на шум судна, успешный лов этих объектов тралом возможен с крупнотоннажных судов при высоких скоростях траления и увеличенной зоне облова трала.

Известно, что зона облова разноглубинных тралов определяется их горизонтальным и вертикальным раскрытием. На этапе проектирования горизонтальное и вертикальное раскрытие разно-

глубинных тралов задаётся с учётом размеров и скоростных возможностей объекта лова [Абалтусов и др., 1985; Мизюркин и др., 2004]. При этом учитывается, как правило, только возможность ухода рыбы из зоны облова в стороны от устья трала или по линии его движения [Фридман, 1969]. Однако, данные промысловых и подводных наблюдений однозначно указывают также на возможность выхода рыбы из зоны облова путём её погружения и занывания под нижнюю подбору разноглубинного трала [Коротков и др., 1990].

В настоящее время эта проблема отчасти решается двумя способами с применением обычных разноглубинных тралов, у которых длина верхней и нижней подбор одинакова:

1) производится оценка возможной величины заглубления скопления (косяка) рыб и по ней определяется необходимая для захвата косяка величина вертикального раскрытия разноглубинного трала [Мельников и др., 1994];

2) разноглубинный трал при подходе к косяку устанавливают таким образом, чтобы его верх-

няя подбора была на глубине нижней кромки косяка, то есть трал ведётся под косяком для упреждения заглублиения рыб и выхода их под нижней подборой трала.

Применение первого способа приводит к необходимости существенного увеличения габаритных размеров трала и скорости траления [Руководство по применению ..., 1988], что влечёт за собой необходимость использования более мощных добывающих судов и в совокупности приводит к снижению экономической эффективности добычи (вылова) ВБР. Второй способ, применяемый дальневосточными рыбаками на промысле скумбрии, хотя и даёт определённый эффект по сравнению с тралениями «в лоб», когда трал устанавливается таким образом, что косяк оказывается между верхней и нижней подборами, однако он не даёт гарантии полного облова скопления рыб, так как заранее неизвестна скорость погружения косяка. В связи с этим актуальной проблемой является повышение эффективности тралового лова путём снижения вероятности выхода рыбы из зоны облова под нижней подборой разноглубинного трала.

В настоящей статье представлены материалы по сравнительной эффективности орудий лова, используемых для добычи (вылова) тихоокеанской сардины и скумбрии, теоретически обоснованные параметры близнецовых тралов и разработано техническое предложение по оснастке близнецовых тралов сетной серпообразной вставкой, снижающей вероятность выхода рыбы из зоны облова под нижней подборой трала.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Данные по промыслу тихоокеанской сардины и скумбрии в СЗТО получены в результате анализа материалов отраслевой системы мониторинга (ОСМ) Росрыболовства, введённой Постановлением Правительства Российской Федерации от 26 февраля 1999 г. № 226 «О создании отраслевой системы мониторинга водных биологических ресурсов, наблюдения и контроля за деятельностью промысловых судов».

Основой для расчётов рабочих параметров близнецовых тралов послужили данные о полезной тяге промысловых судов [Фридман, 1981; Габрюк и др., 2010], а также экспериментальные данные о гидродинамическом сопротивлении разноглубинного трала 80/396 м, полученные в ТИПРО с применением датчика натяжения НС4-А144 (рис. 1), который входит в комплект

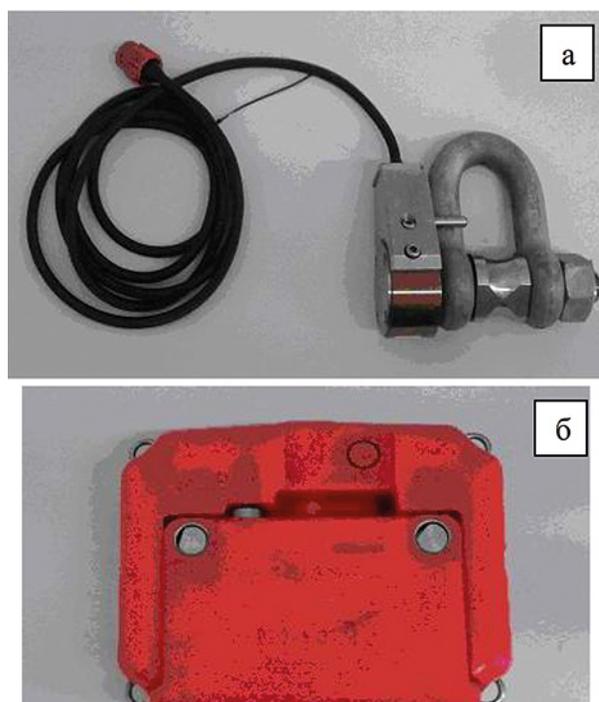


Рис. 1. Датчик натяжения системы «Scanmar»: а – тензометрическая скоба; б – минитранспондер

бескабельной гидроакустической системы «Scanmar». Датчик состоит из тензометрической скобы и минитранспондера, предназначен для измерения сопротивления в отдельных частях траловой системы и позволяет измерять нагрузку до 12 тонн.

Основой для разработки технического предложения по оснастке близнецовой траловой системы, снижающей вероятность выхода рыбы из зоны облова под нижней подборой трала, послужили данные о дистанции реагирования и скорости погружения рыб при их облове разноглубинными тралами [Коротков, 1998; Мантейфель, 1955; Выскребенцев, 1970].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Промысел тихоокеанской сардины и скумбрии российскими судами в СЗТО осуществляется в Ю-Курильском районе, а также у побережья о-вов Хоккайдо и Хонсю. Добыча, в основном, производится разноглубинными тралами различных конструкций, но при этом два судна СТР «Дмитрий Шевченко» и СТР «Седанка» работают близнецовым тралом 134/462 м, и два судна СТР «Калиновка» и СТР «Стерлядь» – кошельковым неводом 1000х200 м.

На рис. 2 представлено содержание тихоокеанской сардины и скумбрии в среднесуточных

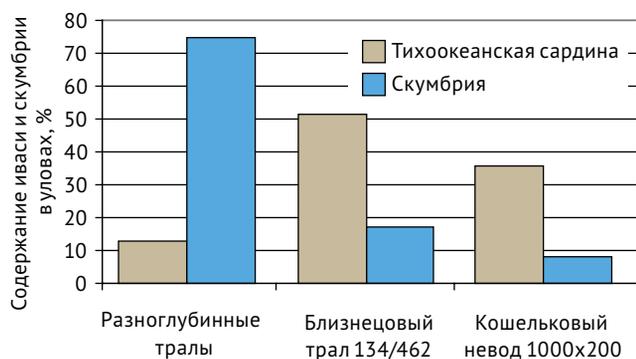


Рис. 2. Содержание тихоокеанской сардины и скумбрии в уловах

уловах разноглубинных тралов, близнецового трала и кошелькового невода.

Такая картина содержания сардины и скумбрии в уловах объясняется, по-видимому, тактикой лова, а также поведением и распределением по глубине этих двух объектов. Работа разноглубинными тралами производилась, в основном, с крупнотоннажных судов на разных горизонтах со скоростью более 5 узлов, что позволяло в большем количестве облавливать более подвижный объект – скумбрию. Среднетоннажные суда, работая близнецовым тралом и кошельковым неводом в поверхностном слое, в основном облавливали менее подвижную, находящуюся в верхних слоях, тихоокеанскую сардину иваси. Так как основной задачей исследования является разработка предложений по применению близнецовой траловой системы для промысла пелагических рыб в СЗТО, проанализировали данные о среднесуточном вылове тихоокеанской сардины иваси и скумбрии близнецовым тралом по сравнению со средним выловом разноглубинными тралами (табл. 1).

Результаты анализа, приведённые в табл. 1, показывают, что эффективность добычи тихоокеанской сардины иваси близнецовым тралом в 3,5–4,8 раза выше, чем лов разноглубинными

Таблица 1. Среднесуточный вылов тихоокеанской сардины и скумбрии близнецовым и разноглубинными тралами

| Орудия лова | Среднесуточный вылов, т | |
|--|-------------------------|-------------|
| | 2017 год | 2018 год |
| <i>Тихоокеанская сардина</i> | | |
| Близнецовый трал 134/462 м | 94,7 | 127,4 |
| Разноглубинные тралы | 19,7 | 36,1 |
| Эффективность близнецового лова | 4,80 | 3,53 |
| <i>Скумбрия</i> | | |
| Близнецовый трал 134/462 м | 18,4 | 5,2 |
| Разноглубинные тралы | 55,4 | 46,6 |
| Эффективность близнецового лова | 0,33 | 0,11 |

тралами. При добыче скумбрии картина противоположная: эффективность близнецового лова в 3,0–8,9 раз ниже показателей лова разноглубинными тралами. Такое положение вещей указывает на необходимость совершенствования техники и тактики промысла подвижных объектов лова близнецовыми тралами, что предполагает обоснование рабочих параметров близнецовой траловой системы в соответствии с энергетическими возможностями промысловых судов различного тоннажа и разработку предложений по совершенствованию оснастки близнецовой траловой системы для промысловых судов малого и среднего классов.

Известно, что рабочие параметры трала и скорость траления зависят от располагаемой тяги промысловых судов: при установившемся движении системы судно-трал полная тяга траулера расходуется на сопротивление корпуса судна и трала [Фридман, 1981]. При этом разность между полной тягой судна и сопротивлением корпуса судна называется полезной тягой судна, которая уменьшается с увеличением скорости траления. Полезная тяга различных типов промысловых судов, приведена в табл. 2 [Габрюк и др., 2010].

Таблица 2. Полезная тяга промысловых судов различных типов (кН)

| Скорость, узл. | БАТМ | РТМС | БМРТ | СТР-503 | СРТМ-1000 | СТР-420 | СРТМ-800 | СРТР | РС-300 | МРС-225 | МРС-150 |
|----------------|------|------|------|---------|-----------|---------|----------|------|--------|---------|---------|
| 0 | 469 | 406 | 198 | 188 | 105 | 100 | 78 | 53 | 35 | 23 | 18 |
| 2 | 425 | 356 | 185 | 180 | 98 | 93 | 70 | 50 | 33 | 20 | 15 |
| 4 | 369 | 300 | 170 | 163 | 85 | 80 | 60 | 45 | 28 | 18 | 13 |
| 6 | 313 | 250 | 148 | 140 | 70 | 68 | 50 | 35 | 20 | 10 | 8 |
| 8 | 244 | 194 | 118 | 110 | 50 | 48 | 35 | 23 | 10 | 3 | |
| 10 | 181 | 138 | 75 | 63 | 28 | 25 | 18 | 8 | | | |

Анализ данных табл. 2 показал, что зависимость полезной тяги от скорости траления для всех судов хорошо аппроксимируется полиномами второй степени:

$$P_c = a(v_{mp})^2 + b(v_{mp}) + c, \quad (1)$$

где P_c – полезная тяга судна, кН; v_{mp} – скорость траления, узл; a, b, c – коэффициенты аппроксимации.

Значения коэффициентов a, b, c , достоверность и погрешность аппроксимации (1) представлены в табл. 3.

Высокая достоверность и небольшая погрешность аппроксимации позволяют использовать выражение (1) при расчёте полезной тяги судов для любой скорости траления. Так как полезная тяга судна расходуется на преодоление сопротивления траловой системы (трала и оснастки), то параметры канатной и сетной оболочки близнецового трала, а также оснастки верхней и нижней подбор трала будут лимитированы значением полезной тяги определённого типа промыслового судна, которую можно рассчитать из выражения (1), используя значения коэффициентов a, b, c из табл. 3.

В качестве базового варианта для расчёта параметров близнецовой траловой системы прием разноглубинный трал 80/396 м, для которого с применением датчика натяжения фирмы «Scanmag», установленного перед доской, нами была измерена половина сопротивления трала с оснасткой, включая сопротивление доски. Так как в близнецовом варианте траловые доски не

применяются, рассчитали чистое сопротивление трала с оснасткой, исключая сопротивление доски. При этом коэффициенты сопротивления V-образной доски рассчитывали, применяя найденные нами аппроксимации [Захаров, Кручинин, 2016]. Осреднённые экспериментальные и расчётные данные о половине сопротивления трала 80/396 м в зависимости от скорости траления, а также аппроксимирующие их уравнения, приведены на рис. 3.

Используя приведённую на рис. 3 аппроксимацию, рассчитали сопротивление траловых систем (без досок), у которых размеры соизмеримы с базовым вариантом, а также в два раза меньше и в два раза больше размеров базового варианта (табл. 4).

С целью определения энергетических возможностей различных типов промысловых судов с применением аппроксимации (1) рассчитали полезную тягу судов для диапазона скоростей траления от 4 до 6 узлов (табл. 5).

Сравнивая расчётные данные о сопротивлении тралов (табл. 4) и данные о полезной тяге судов (табл. 5) и учитывая, что при близнецовом способе траления на каждое судно приходится половина сопротивления трала, можно сделать следующие предварительные выводы:

– близнецовыми тралами с номиналом около 40/200 м могут вести добычу тихоокеанской сардины промысловые суда с мощностью ГД не менее 220 кВт (РС-300), а скумбрии – не менее 400 кВт (СРТР);

Таблица 3. Коэффициенты, достоверность и погрешность аппроксимации (1) для различных типов промысловых судов

| Тип судна | Мощность главного двигателя (ГД), кВт | Коэффициенты аппроксимации | | | Достоверность аппроксимации R^2 | Погрешность аппроксимации, % |
|-----------|---------------------------------------|----------------------------|---------|--------|-----------------------------------|------------------------------|
| | | a | b | c | | |
| БАТМ | 2500 | -0,6324 | -22,768 | 470,39 | 0,9997 | 0,6 |
| РТМС | 1800 | -0,2232 | -24,777 | 405,8 | 0,9998 | 0,7 |
| БМРТ | 1470 | -0,9375 | -2,5893 | 196,07 | 0,9986 | 1,1 |
| СТР-503 | 970 | -1,1161 | -1,0893 | 186,79 | 0,9983 | 1,3 |
| СРТМ-1000 | 735 | -0,4687 | -3,0982 | 105,18 | 0,9999 | 0,5 |
| СТР-420 | 590 | -0,4688 | -2,7768 | 99,821 | 0,9992 | 0,8 |
| СРТМ-800 | 590 | -0,3125 | -2,8036 | 77,143 | 0,9991 | 1,2 |
| СРТР | 396 | -0,4129 | -0,4062 | 52,589 | 0,9995 | 1,3 |
| РС-300 | 220 | -0,3135 | -0,625 | 35 | 1,000 | 0,2 |
| МРС-225 | 165 | -0,2679 | -0,3571 | 22,357 | 0,9947 | 4,0 |
| МРС-150 | 110 | -0,1563 | -0,6875 | 17,375 | 0,9943 | 2,0 |

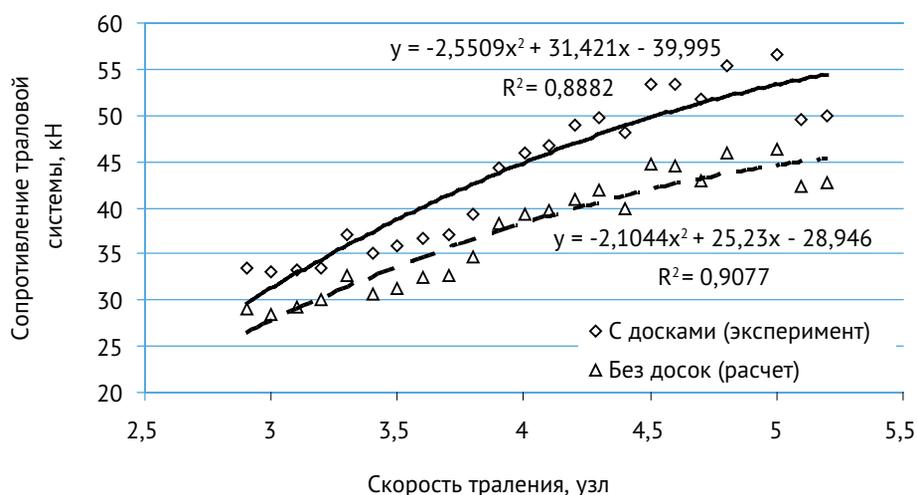


Рис. 3. Половина гидродинамического сопротивления трала 80/396 м

Таблица 4. Расчётное значение сопротивления близнецовых тралов различных номиналов

| Скорость траления, узл. | Трал 40/200 м | Трал 80/400 м | Трал 160/800 м |
|-------------------------|--|---------------|----------------|
| | Полное сопротивление трала с оснасткой, кН | | |
| 4 | 38,3 | 76,6 | 153,2 |
| 5 | 44,6 | 89,2 | 178,4 |
| 6 | 46,7 | 93,4 | 186,7 |

Таблица 5. Расчётные значения полезной тяги промысловых судов при скоростях траления, пригодных для близнецового лова тихоокеанской сардины и скумбрии (кН)

| Скорость, узл. | БАТМ | РТМС | БМРТ | СТР-503 | СРТМ-1000 | СТР-420 | СРТМ-800 | СРТР | РС-300 | МРС-225 | МРС-150 |
|----------------|------|------|------|---------|-----------|---------|----------|------|--------|---------|---------|
| 4 | 369 | 303 | 171 | 165 | 85 | 81 | 61 | 44 | 27 | 17 | 12 |
| 4,5 | 355 | 290 | 165 | 159 | 82 | 78 | 58 | 42 | 26 | 15 | 11 |
| 5 | 341 | 276 | 160 | 153 | 78 | 74 | 55 | 40 | 24 | 14 | 10 |
| 5,5 | 326 | 263 | 153 | 147 | 74 | 70 | 52 | 38 | 22 | 12 | 9 |
| 6 | 311 | 249 | 147 | 140 | 70 | 66 | 49 | 35 | 20 | 11 | 8 |

– близнецовыми тралами с номиналом около 80/400 м могут вести добычу тихоокеанской сардины суда с мощностью ГД не менее 400 кВт (СРТР), а скумбрии – суда не менее 600 кВт (СРТМ-800);

– близнецовыми тралами с номиналом около 160/800 м могут вести добычу тихоокеанской сардины суда с мощностью ГД не менее 600 кВт (СТР-420), а скумбрии – суда не менее 1000 кВт (СТР-503).

Ранее нами отмечалось, что данные промысловых и подводных наблюдений однозначно указывают на возможность выхода рыбы из зоны облова путём её погружения и заныривания под нижнюю подборку разноглубинного трала. С це-

лью снижения вероятности выхода рыбы под нижней подборкой предлагается нижнюю подборку стандартного разноглубинного трала дополнительно оснастить серпообразной сетной вставкой, расположенной симметрично диаметральной плоскости трала. Задняя кромка сетной вставки соединяется с нижней подборкой трала, при этом передняя кромка сетной вставки оказывается выдвинутой относительно верхней подборки вперёд по ходу трала (рис. 4).

Предположим (рис. 4), что разноглубинный трал с вертикальным раскрытием $H_{нп}$, буксируемый со скоростью $V_{тпр}$, приблизился к скоплению (косяку) рыб, находящемуся на глубине H_p относительно верхней подборки трала, на дистанцию

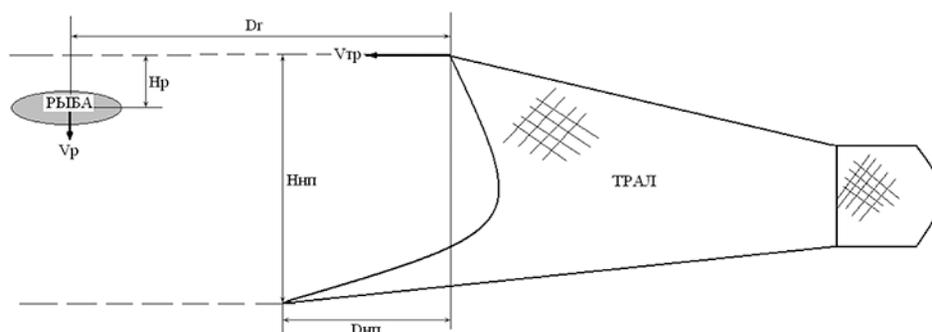


Рис. 4. К расчёту вероятности облова заглубляющегося скопления рыб

D_r , после которой начинается реакция рыб, выраженная в заглублении со скоростью V_p . При этом нижняя подбора трала, за счёт применения сетной вставки, выдвинута вперёд относительно верхней подборы на дистанцию $D_{нп}$.

Очевидно, что облов рыбы возможен в том случае, если передняя кромка нижней подборы трала подойдёт к косяку быстрее, чем он погрузится на глубину $H_{нп}$. Время, необходимое косяку рыб для погружения на эту глубину, выразится как:

$$T_p = (H_{нп} - H_p) / V_p, \quad (2)$$

а время подхода передней кромки нижней подборы трала к погружающемуся косяку:

$$T_{мп} = (D_r - D_{нп}) / V_{мп}, \quad (3)$$

где $H_{нп}$ – вертикальное раскрытие трала, м; H_p – глубина нахождения скопления рыб относительно верхней подборы трала, м; V_p – скорость заглубления рыб, м/с; D_r – дистанция реагирования рыб на трал, м; $D_{нп}$ – длина сетной вставки относительно верхней подборы, м; $V_{мп}$ – скорость траления, м/с.

Если $T_{мп} < T_p$, то осуществляется облов погружающегося косяка с вероятностью, которую можно выразить величиной:

$$P = T_p / T_{мп} - 1, \quad (4)$$

при этом, если $P < 0$, то вероятность облова равна нулю; если $P \geq 1$, то вероятность облова равна единице.

Раскрывая выражение (4) с учётом (2) и (3), получили формулу для определения необходимой длины серповидной сетной вставки, необходимой для облова погружающегося скопления рыб с вероятностью, равной 100%:

$$D_{вст} = \frac{2D_r V_p - V_{мп} (H_{нп} - H_p)}{2V_p}. \quad (5)$$

Анализ изменения вероятности облова и длины сетной вставки при изменении параметров траловой системы ($H_{нп}$, $V_{мп}$, $D_{нп}$) и параметров скопления рыб (D_r , H_p , V_p) показал, что с увеличением значений параметров траловой системы возрастает вероятность облова и снижается необходимый для облова размер сетной вставки. С увеличением значений параметров скопления рыб картина диаметрально противоположная: вероятность облова снижается, а размер сетной вставки увеличивается.

Выше мы определили, что близнецовыми тралами с номиналом около 40/200 м могут вести добычу иваси и скумбрии промысловые суда малого класса типа РС-300; тралами с номиналом около 80/400 м – суда среднего класса типа СРТР и СРТМ-800; тралами с номиналом около 160/800 м суда среднего класса типа СТР-420 и СТР-503. Для этих близнецовых тралов рассчитали вертикальные раскрытия ($H_{нп}$) в зависимости от отношения горизонтального раскрытия по крыльям трала к длине верхней подборы ($B_{кр}/L_{вп}$) (табл. 6). При этом за основу для расчёта приняли отношение $B_{кр}/L_{вп} = 0,5$, так как по данным специалистов компании Fishing Service при меньших значениях этого отношения возможна объёмная рыба, а при больших – выход рыбы через крупноячеиную дель.

Основой для расчёта вертикального раскрытия послужили данные наших инструментальных измерений горизонтального и вертикального

Таблица 6. Расчетные значения вертикального раскрытия близнецовых тралов

| Отношение $B_{кр}/L_{вп}$ | Трал 40/200 м | | Трал 80/400 м | | Трал 160/800 м | |
|---------------------------|---------------|--------------|---------------|--------------|----------------|--------------|
| | $B_{кр}$, м | $H_{нп}$, м | $B_{кр}$, м | $H_{нп}$, м | $B_{кр}$, м | $H_{нп}$, м |
| 0,5 | 20 | 18,5 | 40 | 36,9 | 80 | 73,8 |

раскрытия разноглубинных тралов, выполненные на судах ТИПРО с использованием аппаратуры «Scanmar». По этим данным при $B_{кр}/L_{вп} = 0,5$ отношение $H_{нп}/B_{кр}$ составляет в среднем 0,923.

С применением теории цепной линии рассчитали форму верхней подборы (рис. 5). При этом за основу для расчёта приняли отношение $B_{кр}/L_{вп} = 0,5$, так как по данным специалистов компании Fishing Service при меньших значениях этого отношения возможна обьячейка рыбы, а при больших – выход рыбы через крупноячею дель.

Исходя из того, что размеры сетной вставки ограничиваются максимальной величиной стрелки прогиба верхней подборы, по данным рис. 5 получили для тралов 40/200 м, 80/400 м и 160/800 м максимально возможную длину сетной вставки, соответственно, 15 м, 30 м и 60 м.

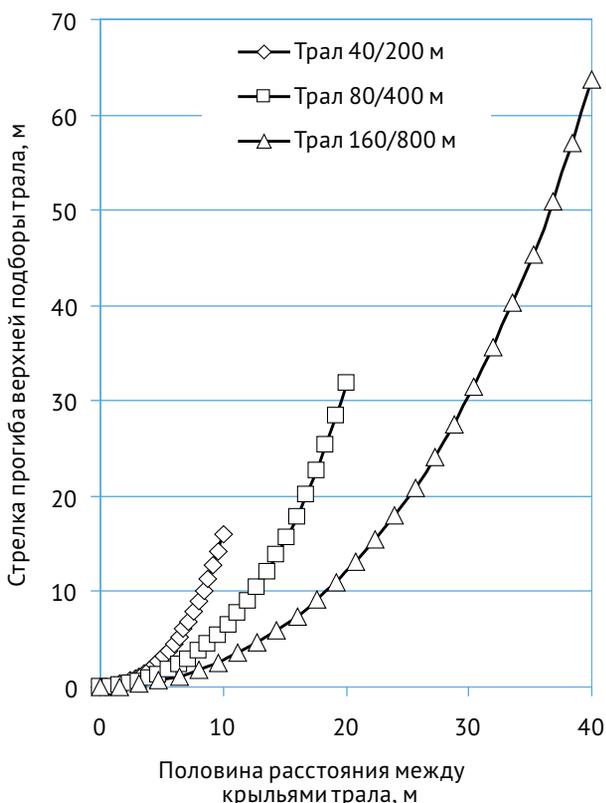


Рис. 5. Форма верхней подборы тралов при отношении $B_{кр}/L_{вп} = 0,5$: а – трал 40/200 м; б – трал 80/400 м; в – трал 160/800 м

С применением теории цепной линии рассчитал также расстояния между судами ($B_{суд}$), буксирующими близнецовые тралы, в зависимости от длины ваеров ($L_{ваер}$) (табл. 7).

Таблица 7. Расчетные значения расстояния между судами, буксирующими близнецовые тралы

| Отношение $B_{кр}/L_{вп}$ | Трал 40/200 м | | Трал 80/400 м | | Трал 160/800 м | |
|---------------------------|----------------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|
| | $L_{ваер}$, м | $B_{суд}$, м | $L_{ваер}$, м | $B_{суд}$, м | $L_{ваер}$, м | $B_{суд}$, м |
| 0,50 | 150 | 71 | 150 | 91 | 150 | 131 |
| | 200 | 88 | 200 | 108 | 200 | 148 |
| | 250 | 105 | 250 | 125 | 250 | 165 |
| | 300 | 122 | 300 | 142 | 300 | 182 |

Данные расчёта в табл. 7 получены из тех соображений, что чем короче ваер, тем больше улов, так как в этом случае, в результате действия кильватерной струи, снижается вероятность выхода рыбы в сторону от линии траления, поэтому предлагается устанавливать длину ваеров 150, 200, 250 и 300 метров.

В научной литературе приводятся данные о дистанции реагирования (D_r) и скорости погружения рыб (V_p) при воздействии на косяк шумов судна, буксирующего трал. Так, например, для ставриды и скумбрии D_r составляет более 100 м, а V_p – от 0,2 до 0,5 м/с [Коротков, 1998]. Другие авторы [Мантейфель, 1955; Выскребенцев, 1970; Честной, 1977] приводят данные о том, что при испуге некоторые виды рыб, например, тунцы, могут погружаться со скоростью от 0,7 до 1,1 м/с. Используя эти исходные данные с применением формул (2), (3) и (4), рассчитали вероятность облова погружающегося косяка рыб при скоростях траления 2,0 м/с (около 4 узл.), 2,5 м/с (около 5 узл.) и 3,0 м/с (около 6 узл.) при максимально возможной длине сетной вставки и длине ваеров 150 м ($D_r = 146$ м). Результаты расчёта показали, что вероятность облова погружающихся скопленный рыб с применением сетной вставки увеличивается на 4–11% для трала 40/200 м; на 12–23% для трала 80/400 м; на 30–53% для трала 160/800 м. Второе заключение касается того, что применение сетной вставки позволяет без увеличения скорости траления облавливать скопления рыб, погружающихся с большей скоростью.

С применением формул (2), (3) и (4), рассчитали также необходимую скорость траления для успешного облова скопления рыб, погружающихся со средними скоростями 0,15 м/с (для трала 40/200 м), 0,30 м/с (для трала 80/400 м) и 0,55 м/с (для трала 160/800 м), а также вероятность облова этими тралами при различной длине сетных вставок. Анализ расчётных данных показал, что для успешного облова рыб скорость

траления обычным близнецовым тралом с одинаковой длиной верхней и нижней подбор ($D_{нп} = 0$) должна быть выше скорости траления близнецовым тралом с сетной вставкой на 11%, 26% и 70%, соответственно, для тралов 40/200 м, 80/400 м и 160/800 м.

Таким образом, вышеприведённые расчёты указывают на целесообразность применения сетных вставок на нижней подборе близнецового трала с целью снижения скорости траления и од-

новременного повышения вероятности облова погружающихся скопления рыб. При этом габаритные размеры серпообразной сетной вставки определяются экспериментальным путём и выбираются в соответствии с реакцией облавливаемых рыб, которая заключается в возможности заглупления косяка с определённой скоростью и выходе рыб из зоны облова под нижней подборой близнецового трала.

На рис. 6 для примера приведены результаты расчёта длины сетной вставки для тралов 40/200 м, 80/400 м и 160/800 м, достаточной для успешного облова скопления рыб, погружающихся с различной скоростью, при скоростях траления, доступных для средне- и крупнотоннажных промысловых судов.

Из графиков на рис. 6 следует, что для скоростей траления 2,0 м/с (около 4 узл.), 2,5 м/с (около 5 узл.) и 3,0 м/с (около 6 узл.) необходимо применение сетной вставки при скоростях погружения рыб более 0,08–0,13 м/с (для трала 40/200 м); более 0,20–0,30 м/с (для трала 80/400 м) и более 0,40–0,70 м/с (для трала 160/800 м). При этом понятно, что максимальные размеры сетной вставки ограничиваются величиной стрелки прогиба верхней подборы, которая для тралов 40/200 м, 80/400 м и 160/800 м составляет, соответственно, 15 м, 30 м и 60 м при отношении $B_{кр}/L_{вп} = 0,5$ (см. рис. 5). Учитывая это обстоятельство и анализируя графики на рис. 6, можно сделать заключение, что при максимальной длине сетной вставки возможен успешный облов скопления рыб, погружающихся со скоростями от 0,11 м/с до 0,15 м/с (тралом 40/200 м); от 0,27 м/с до 0,42 м/с (тралом 80/400 м); от 0,78 м/с до 1,10 м/с (тралом 160/800 м).

На основе вышеприведённых теоретических предпосылок нами разработано и запатентовано техническое решение по оснастке нижней подборы разноглубинных тралов серпообразной сетной вставкой для увеличения вероятности облова заглупляющихся скопления рыб [Ерёмин и др., 2019].

ВЫВОДЫ

1. Анализ результатов промысла тихоокеанской сардины иваси и скумбрии российскими судами в СЗТО показал, что среднесуточный вылов сардины иваси оказался наибольшим у судов, работающих близнецовым тралом и кошельковым неводом, а скумбрии – у судов, работающих разноглубинными тралами. Такое распределение

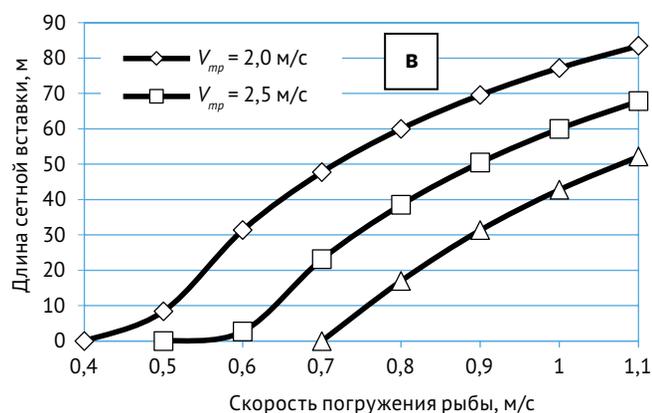
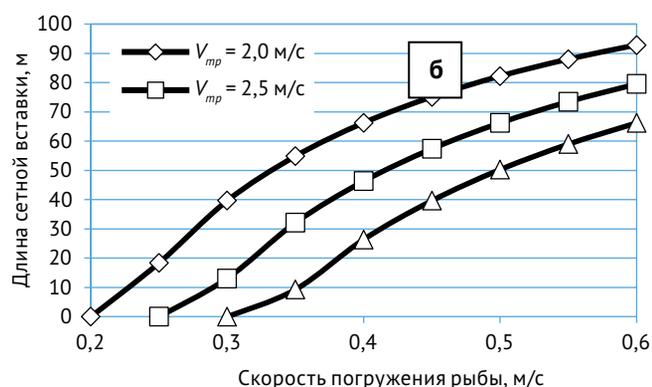
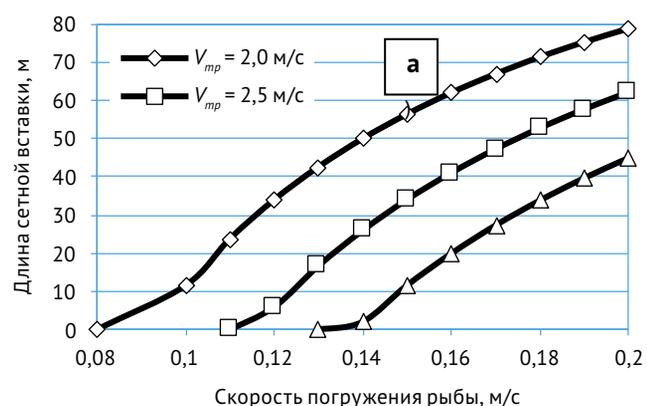


Рис. 6. Длина сетной вставки для облова погружающегося скопления рыб: а) трал 40/200 м; б) трал 80/400 м; в) трал 160/800 м

уловов объясняется тактикой лова, а также поведением и распределением по глубине этих двух объектов. Работа разноглубинными тралами производилась, в основном, с крупнотоннажных судов на разных горизонтах со скоростью более 5 узлов, что позволяло в большем количестве облавливать более подвижный объект – скумбрию. Среднетоннажные суда, работая близнецовым тралом и кошельковым неводом в поверхностном слое, в основном, облавливали менее подвижную, находящуюся в верхних слоях, тихоокеанскую сардину иваси.

2. Эффективность добычи тихоокеанской сардины иваси близнецовым тралом в 3,5–4,8 раза выше, чем лов разноглубинными тралами. При добыче скумбрии картина противоположная: эффективность близнецового лова в 3,0–8,9 раз ниже показателей лова разноглубинными тралами. Такое положение вещей указывает на необходимость совершенствования техники и тактики промысла подвижных объектов лова близнецовыми тралами, что предполагает обоснование параметров близнецовой траловой системы в соответствии с энергетическими возможностями промысловых судов различного тоннажа и разработку предложений по совершенствованию оснастки близнецовых тралов для промысловых судов малого и среднего классов.

3. При определении рабочих параметров близнецовых тралов, пригодных для эксплуатации на промысловых судах различного тоннажа, необходимо учитывать полезную тягу судов, которую можно рассчитать по формуле (1). Сравнение полезной тяги судов и сопротивления тралов позволили выявить следующее:

- близнецовыми тралами с номиналом около 40/200 м могут вести добычу иваси промысловые суда с мощностью ГД не менее 220 кВт (РС-300), а скумбрии – не менее 400 кВт (СРТР);
- близнецовыми тралами с номиналом около 80/400 м могут вести добычу иваси суда с мощностью ГД не менее 400 кВт (СРТР), а скумбрии – суда не менее 600 кВт (СРТМ-800);
- близнецовыми тралами с номиналом около 160/800 м могут вести добычу иваси суда с мощностью ГД не менее 600 кВт (СТР-420), а скумбрии – суда не менее 1000 кВт (СТР-503).

4. С целью повышения эффективности близнецового лова с судов малого и среднего классов разработаны рекомендации по оснащению нижней подборы близнецовых тралов серповидной сетной вставкой, расположенной сим-

метрично диаметральной плоскости трала. Расчётным путём определены параметры близнецовой траловой системы (вероятность облова при различной скорости траления, размеры сетной вставки и необходимая скорость траления) для близнецовых тралов, рекомендованных для использования на промысловых судах малого и среднего классов. Выявлено, что для скоростей траления 2,0 м/с (около 4 узл.), 2,5 м/с (около 5 узл.) и 3,0 м/с (около 6 узл.) необходимо применение сетной вставки при скоростях погружения рыб более 0,08–0,13 м/с (для трала 40/200 м); более 0,20–0,30 м/с (для трала 80/400 м) и более 0,40–0,70 м/с (для трала 160/800 м). При максимальной длине сетной вставки возможен успешный облов скопления рыб, погружающихся со скоростями от 0,11 м/с до 0,15 м/с (тралом 40/200 м); от 0,27 м/с до 0,42 м/с (тралом 80/400 м); от 0,78 м/с до 1,10 м/с (тралом 160/800 м).

ЛИТЕРАТУРА

- Абалтусов С.М., Астафьев С.Э., Бойцов А.Н.* 1985. Обоснование вертикального раскрытия устья трала по параметрам промысловых скоплений (на примере японской скумбрии) // Обоснование орудий промышленного рыболовства. Владивосток: ТИНРО. С. 34–42.
- Выскребенцев Б.В.* 1970. Поведение рыб в зоне действия тралящих орудий лова // Биологические основы управления поведением рыб. М.: Наука. С. 267–301.
- Габрюк В.И., Чернецов В.В., Бойцов А.Н.* 2010. Проектирование ярусных, ловушечных и траловых рыболовных систем. Владивосток: Дальрыбвтуз. 412 с.
- Ерёмин Ю.В., Кручинин О.Н., Мизюркин М.А., Захаров Е.А., Волотов В.М., Ваккер Н.Л.* 2019. Канатный разноглубинный трал и способ лова рыбы канатным разноглубинным тралом. Патент РФ № 2696081. Бюл. № 22.
- Захаров Е.А., Кручинин О.Н.* 2016. Некоторые уточнения метода расчёта параметров донной траловой системы // Известия ТИНРО. Т. 184. С. 253–263.
- Коротков В.К.* 1998. Реакция рыб на трал, технология их лова. Калининград: ЭКБ АО «МАРИНПО». 397 с.
- Коротков В.К., Спиридонов В.А., Антропов Г.Л.* 1990. Современные методы подводных исследований в промысловом и некоторые особенности распределения и поведения рыб в районах промысла // Обзорная информация ВНИИЭРХ. Серия «Промышленное рыболовство». Вып. 2. 63 с.
- Мантейфель Б.П.* 1955. Изучение поведения стайных рыб в целях усовершенствования техники их лова // Труды совещания по вопросам поведения и разведки рыб. М.: Изд-во АН СССР. С. 22–26.
- Мельников В.Н., Мельников А.В., Мичи А.Н.* 1994. Способ лова рыбы тралом. Патент РФ № 2005365. Бюл. № 1.

- Мизюркин М.А., Мизюркина А.В., Татарников В.А., Пак А.* 2004. Разновидовой промысел. Владивосток: ТИНРО-Центр. 139 с.
- Руководство по применению тралов на крупнотоннажных судах ДВ бассейна.* 1988. Владивосток: ДВ филиал НПО промысловства. 193 с.
- Фадеев Н.С.* 2005. Справочник по биологии и промыслу рыб северной части Тихого Океана. Владивосток: ТИНРО-Центр. 366 с.
- Фридман А.Л.* 1969. Теория и проектирование орудий промышленного рыболовства. М.: Пищевая промышленность. 295 с.
- Фридман А.Л.* 1981. Теория и проектирование орудий промышленного рыболовства. М.: Лёгкая и пищевая пром-сть. 328 с.
- Честной В.Н.* 1977. Динамика уловистости донных тралов. М.: Пищевая промышленность. С. 23–25.

*Поступила в редакцию 06.04.2020 г.
Принята после рецензии 02.10.2020 г.*

Substantiation of the basic parameters of the pair trawl system for ships of small and medium classes

O.N. Kruchinin,
M.A. Mizyurkin,
V.M. Volotov, E.A. Zakharov

Pacific branch of VNIRO (TINRO), Vladivostok,
Russia

Materials are presented on the comparative effectiveness of fishing gear used to catch the Pacific sardine and mackerel in the northwestern part of the Pacific Ocean. It has been shown that the efficiency of catch of Pacific sardine by the pair trawl is 3.5–4.8 times higher than fishing by pelagic trawls. When catch mackerel, the picture is the opposite: pair trawl fishing efficiency is 3.0–8.9 times lower than fishing indices with pelagic trawls. This state of affairs indicates the need to improve the technique and tactics of catch of moving fish with pair trawls, which involves substantiating the operating parameters of the pair trawl system in accordance with the energy capabilities of fishing vessels of various tonnage and developing proposals for improving the equipping of the pair trawl system for fishing vessels of small and middle classes. The parameters of pair trawls are theoretically substantiated and a technical proposal has been developed for equipping a pelagic trawl with a net insert, which reduces the likelihood of fish leaving the catch zone under the footrope of pelagic trawl.

Keywords: pair trawl, Pacific sardine, mackerel, indicators of catch of sardines and mackerel, useful traction of vessels, probability of catch by pair trawl, rigging of the pair trawl for fishing vessels of small and middle classes.

REFERENCES

- Abaltusov S.M., Astaf'ev S. Eh., Bojtsov A.N. 1985. Obosnovanie vertikal'nogo raskrytiya ust'ya trala po parametram promyslovykh skoplenij (na primere yaponskoj skumbrii) [Substantiation of vertical opening of the trawl mouth by the parameters of commercial accumulations (on the example of Japanese mackerel)] // Obosnovanie orudij promyshlennogo rybolovstva. Vladivostok: TINRO. S. 34–42.
- Vyskrebentsev B.V. 1970. Povedenie ryb v zone dejstviya tralyashchikh orudij lova [Behavior of fish in the zone of action of trawling fishing gear] // Biologicheskie osnovy upravleniya povedeniem ryb. M.: Nauka. S. 267–301.
- Gabryuk V.I., Chernetsov V.V., Bojtsov A.N. 2010. Proektirovanie yarusnykh, lovushechnykh i tralovykh rybolovnykh sistem [Design of longline, trap and trawl fishing systems]. Vladivostok: Dal'rybvuz. 412 s.
- Erem'in Yu.V., Kruchinin O.N., Mizyurkin M.A., Zakharov E.A., Volotov V.M., Vakker N.L. 2019. Kanatnyj raznoglubinnyj tral i sposob lova ryby kanatnym raznoglubinnyj tralom [Rope midwater trawl and the method of fishing with a rope midwater trawl]. Patent RF № 2696081. Byul. № 22.
- Zakharov E.A., Kruchinin O.N. 2016. Nekotorye utochneniya metoda rascheta parametrov donnoj tralovoj sistemy [Some refinements of the method for calculating the parameters of the bottom trawl system] // Izvestiya TINRO. T. 184. S. 253–263.
- Korotkov V.K. 1998. Reaktsiya ryb na tral, tekhnologiya ikh lova [Reaction of fish to trawl, technology of their catch]. Kaliningrad: EHKB AO «MARINPO». 397 s.
- Korotkov V.K., Spiridonov V.A., Antropov G.L. 1990. Sovremennye metody podvodnykh issledovanij v promrybolovstve i nekotorye osobennosti raspredeleniya i povedeniya ryb v rajonakh promysla [Modern methods of underwater research in fishing and some features of the distribution and behavior of fish in fishing areas] // Obzornaya informatsiya VNIIEHRKH. Seriya «Promyshlennoe rybolovstvo». Vyp. 2. 63 s.
- Mantejfel' B.P. 1955. Izuchenie povedeniya stajnykh ryb v tselyakh usovershenstvovaniya tekhniki ikh lova [Studying the behavior of schooling fish in order to improve the technique of their catching] // Trudy soveshchaniya po voprosam povedeniya i razvedki ryb. M.: Izd-vo AN SSSR. S. 22–26.
- Mel'nikov V.N., Mel'nikov A.V., Michi A.N. 1994. Sposob lova ryby tralom [Method of fishing with trawl]. Patent RF № 2005365. Byul. № 1.
- Mizyurkin M.A., Mizyurkina A.V., Tatarnikov V.A., Pak A. 2004. Raznovidovoj promysel [Various types of fishing]. Vladivostok: TINRO-Tsentr. 139 s.
- Rukovodstvo po primeneniyu tralov na krupnotonnazhnykh sudakh DV bassejna [Guidelines for the use of trawls on large-tonnage vessels of the Far East Basin]. 1988. Vladivostok: DV filial NPO promrybolovstva. 193 s.
- Fadeev N.S. 2005. Spravochnik po biologii i promyslu ryb severnoj chasti Tikhogo Okeana [A Handbook on

- biology and fisheries fish of the northern part of the Pacific Ocean]. Vladivostok: TINRO-TSentr. 366 s.
- Fridman A.L.* 1969. Teoriya i proektirovanie orudij promyshlennogo rybolovstva [Theory and Design of Commercial Fishing Tools]. M.: Pishchevaya promyshlennost'. 295 s.
- Fridman A.L.* 1981. Teoriya i proektirovanie orudij promyshlennogo rybolovstva [Theory and Design of Commercial Fishing Tools]. M.: Legkaya i pishchevaya prom-st'. 328 s.
- Chestnoj V.N.* 1977. Dinamika ulovistosti donnykh tralov [Dynamics of catchability of bottom trawls]. M.: Pishchevaya promyshlennost'. S. 23–25.

TABLE CAPTIONS

- Table 1.** Average daily catch of Pacific sardine and mackerel by pair trawl and pelagic trawls, tons
- Table 2.** Useful traction of fishing vessels of various types (kN)
- Table 3.** Coefficients, reliability and error of approximation (1) for various types of fishing vessels
- Table 4.** The calculated value of the resistance of pair trawls of various denominations
- Table 5.** Estimated useful traction of fishing vessels at trawling speeds suitable for pair fishing of Pacific sardine and mackerel (kN)
- Table 6.** The calculated values –of the vertical disclosure of pair trawls
- Table 7.** Estimated distance between ships towing pair trawls

FIGURE CAPTIONS

- Fig. 1.** Scanmar system tension sensor: a – strain gauge bracket; b – mini transponder
- Fig. 2.** Content of Pacific sardine and mackerel in catches
- Fig. 3.** Half the hydrodynamic drag of a trawl 80/396 m
- Fig. 4.** To the calculation of the probability of catching a deepening accumulation of fish
- Fig. 5.** The shape of the headline of trawls with the ratio $B(\text{wing})/L(\text{headline}) = 0.5$: a – trawl 40/200 m; b – trawl 80/400 m; c – trawl 160/800 m
- Fig. 6.** The length of the net insert for catching an immersed accumulation of fish: a – trawl 40/200 m; b – trawl 80/400 m; c – trawl 160/800 m