

ПРОМРЫБОЛОВСТВО

УДК 639.2.081.117

Е.А. Захаров, О.Н. Кручинин*

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

НЕКОТОРЫЕ УТОЧНЕНИЯ МЕТОДА РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ
ДОННОЙ ТРАЛОВОЙ СИСТЕМЫ

Выполнен анализ предложенной Ф.И. Барановым схемы расчета геометрических параметров траловой системы, которая предполагает расчет сопротивления и распорной силы всех элементов траловой системы и решение трансцендентного уравнения для нахождения расстояния между досками донного трала. Особое внимание уделено анализу и уточнению известных методов определения силовых и геометрических параметров отдельных элементов траловой системы и выявлению наиболее адекватных из них. Приведен сравнительный анализ расчетных и экспериментальных данных, полученных с использованием аппаратуры контроля орудий лова «Scanmar». Анализ показал, что уточненная модель адекватно отражает реальный процесс формирования геометрии донной траловой системы, а поэтому она может применяться для оценки зоны облова донных тралов при проведении учетных траловых съемок.

Ключевые слова: элементы донной траловой системы, силовые и геометрические параметры, трансцендентные уравнения, аппроксимирующие уравнения, расстояние между досками, аппаратура контроля орудий лова «Scanmar», адекватность модели, зона облова донного трала, учетная траловая съемка.

Zakharov E.A., Kruchinin O.N. Some updates to the method for calculation of parameters of bottom trawl system // *Izv. TINRO.* — 2016. — Vol. 184. — P. 253–263.

The method for calculation of geometric parameters of trawl system proposed by F.I. Baranov is analyzed. The calculation includes evaluation of spacer force and drag for all elements of trawl system and solution of transcendental equation to find a distance between the otter boards of bottom trawl. Special attention is paid to considering and enhancement of common techniques for determining force and geometric parameters of some elements of trawl system, with identifying the most appropriate ways. The calculations and experimental data are compared for a trawl system using the Scanmar equipment for monitoring of fishing gear. The updated model simulates more adequately the forming of bottom trawl geometry, therefore it can be used for assessment of the catch area during trawl surveys conducted by bottom trawls.

Key words: bottom trawl, force and geometrical parameters of trawl system, transcendental equation, approximating equation, trawl board, Scanmar, model reliability, catch area of bottom trawl, trawl survey.

Введение

При выполнении траловых учетных съемок одной из важнейших задач является определение зоны облова трала, которая обусловлена геометрией траловой системы.

* Захаров Егор Андреевич, младший научный сотрудник, e-mail: promryb@tinro.ru; Кручинин Олег Николаевич, доктор технических наук, заведующий сектором, e-mail: promryb@tinro.ru.
Zakharov Egor A., junior researcher, e-mail: promryb@tinro.ru; Kruchinin Oleg N., D.Sc., head of sector, e-mail: promryb@tinro.ru.

Весьма простой способ определения геометрических параметров траловой системы предложен нами для расчетов горизонтального раскрытия донных тралов с целью уточнения ретроспективных данных по количественной оценке биоресурсов (Кручинин и др., 2012). Однако этот способ не универсален, имеет существенные ограничения и не раскрывает связи между силовыми и геометрическими параметрами траловой системы (Сафронов и др., 2013). Поэтому возникла необходимость в разработке более универсального метода, базирующегося на известных закономерностях механики донной траловой системы и пригодного, в частности, для адекватной интерпретации результатов донных траловых съемок (Волвенко, 2013).

Основным элементом донной траловой системы, определяющим ориентацию в пространстве ваеров, кабелей, крыльев и подбор трала, которые способствуют концентрации рыб в облавливаемой зоне, являются траловые доски (Коротков, 1973, 1978, 1998; Рыкунов, 1973; Заферман, 2004; Лапшин, 2009; Розенштейн, 2010; Кручинин и др., 2011). Для расчета расстояния между досками обычно используется предложенная Ф.И. Барановым модель взаимозависимости между силовыми и геометрическими параметрами траловой системы, представляющая собой проекцию траловой системы на горизонтальную плоскость (Баранов, 1960, 1969; Фридман, 1981; Gómez, Jiménez, 1994; Розенштейн, 2000). Однако наш расчет показал, что вышеприведенная модель приемлема, по-видимому, только для разноглубинных тралов, так как она учитывает только гидродинамические силы (Захаров и др., 2013а), тогда как при донном тралении возникают дополнительные грунтодинамические распорные силы и сопротивление трения деталей оснастки о дно (Веденеев, 1974, 1975; Сеславинский, 1975). Кроме того, при донном тралении необходимо учитывать и так называемый «экранирующий эффект» влияния близости дна на сопротивление различных элементов траловой системы (Розенштейн, 2000).

Цель настоящей статьи — анализ известных методов расчета силовых и геометрических параметров элементов траловой системы и выбор наиболее адекватных из них, пригодных для разработки модели формирования геометрии донной траловой системы.

Результаты и их обсуждение

Анализ расчетной схемы Ф.И. Баранова

Схема формирования геометрии траловой системы, предложенная Ф.И. Барановым (1960, 1969), показана на рис. 1.

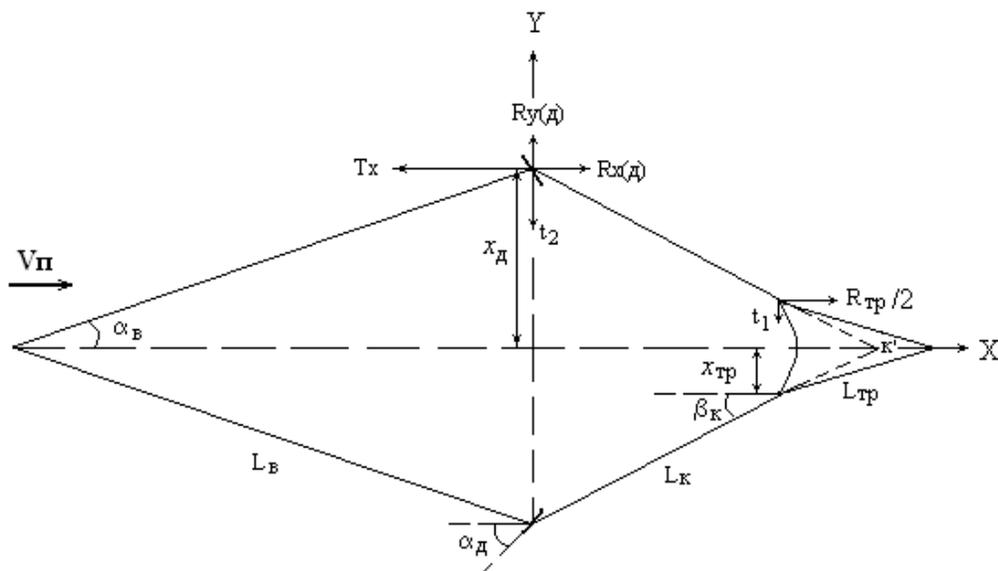


Рис. 1. Схема Ф.И. Баранова к расчету расстояния между досками трала
Fig. 1. F.I. Baranov scheme for calculation the distance between trawl boards

В этой схеме приняты следующие обозначения: L_θ — проекция ваера длиной S_θ на плоскость XY, м; L_κ — проекция кабеля с голыми концами и лапками общей длиной S_κ на плоскость XY, м; L_{mp} — длина образующей трала, м; $R_{x(mp)}$ — сила сопротивления сетной оболочки и оснастки трала, Н; $R_{x(\theta)}$, $R_{y(\theta)}$ — лобовое сопротивление и распорная сила досок, Н; α_θ , α_δ , β_κ — углы атаки ваера, доски и кабеля, град; x_δ , x_{mp} — половина расстояния между досками и крыльями трала, м; T_x — результирующая сила; t_1 , t_2 — уравновешивающие силы.

Вывод формулы для вычисления расстояния между досками приведен в литературе (Баранов, 1969; Фридман, 1981; Розенштейн, 2000). Из условия равновесия системы, представленной на рис. 1, следует:

$$T_x = R_{x(\theta)} + R_T; \quad (1)$$

$$R_{y(\theta)} = t_1 + t_2,$$

где

$$R_T = R_{x(mp)}/2. \quad (2)$$

Принимая во внимание очевидные соотношения

$$t_1/R_T = \operatorname{tg}\beta = x_\delta/\sqrt{L_T^2 - x_\delta^2}, \quad (3)$$

$$t_2/T_x = \operatorname{tg}\alpha = x_\delta/\sqrt{L_\theta^2 - x_\delta^2},$$

где

$$L_T = L_\kappa + L_{mp}, \quad (4)$$

получим решение для определения расстояния между досками в виде уравнения

$$B_\delta = 2x_\delta = \frac{2n\sqrt{(L_T^2 - x_\delta^2)(L_\theta^2 - x_\delta^2)}}{\sqrt{(L_\theta^2 - x_\delta^2)} + (1+m)\sqrt{(L_T^2 - x_\delta^2)}}, \quad (5)$$

где

$$n = R_{y(\theta)}/R_T; \quad m = R_{x(\theta)}/R_T. \quad (6)$$

Как видно из выражений (5) и (6), при определении расстояния между досками в схеме Ф.И. Баранова учитываются сопротивление трала, сопротивление и распорная сила досок, но не учитываются силовые характеристики ваеров ($R_{x(\theta)}$, $R_{y(\theta)}$), кабелей ($R_{x(\kappa)}$, $R_{y(\kappa)}$) и распорная сила сетной оболочки трала и оснастки ($R_{y(mp)}$). При этом необходимо понимать, что силовые характеристики донной траловой системы должны включать грунтодинамические силы, возникающие при движении по дну траловых досок, кабелей и оснастки трала. Введя эти дополнительные силы, мы получили следующее уравнение для нахождения расстояния между досками донного трала:

$$B_\delta = 2x_\delta = \frac{2R_Y L_{x(T)} L_{x(B)}}{R_T L_{x(B)} + T_X L_{x(T)}}, \quad (7)$$

где

$$\sqrt{L_T^2 - x_\delta^2} = L_{x(T)}, \quad (8)$$

$$\sqrt{L_\theta^2 - x_\delta^2} = L_{x(B)},$$

$$R_Y = -R_{y(\theta)} + R_{y(\theta)} + R_{y(\kappa)} + R_{y(mp)}, \quad (9)$$

$$T_X = R_X + R_T, \quad (10)$$

$$R_X = -R_{x(\theta)} + R_{x(\theta)} + R_{x(\kappa)} + R_{x(\kappa)}, \quad (11)$$

где параметры R_X , R_Y , T_X рассчитываются как сумма гидродинамических и грунтодинамических сил траловых досок, кабелей, сетной оболочки и деталей оснастки трала.

Входящие в уравнения (7–11) параметры можно определить, используя теоретические и экспериментальные данные, изложенные в трудах по теории траловой системы (Ревин, 1959; Рыкунов, 1973; Розенштейн, 1976, 2000, 2003; Фридман, 1981; Мизюркин, Костюков, 1982; Войниканис-Мирский, 1983; Розенштейн, Недоступ, 1997; Недоступ, 1999, 2008, 2009, 2011; Обвинцев и др., 2005; Недоступ, Белых, 2011). При этом воз-

никает необходимость выявления наиболее адекватных методов расчета силовых и геометрических параметров отдельных элементов траловой системы. Степень адекватности можно определить сравнением расчетных и экспериментальных данных, в том числе полученных нами с помощью норвежской аппаратуры «Scanmag» (Мизюркин и др., 2010, 2011, 2012; Кручинин, Сафронов, 2011; Кручинин, Кузнецов, 2012; Захаров и др., 2013б; Сафронов и др., 2013). Так как параметры, рассчитываемые в правой части уравнения (7), зависят от расстояния между досками, то это уравнение является трансцендентным и решается методом последовательных приближений (итераций). Цикл вычислений производится до тех пор, пока не выполнено условие

$$\left| \frac{x_{\delta(\text{ввод})} - x_{\delta(\text{итер})}}{x_{\delta(\text{ввод})}} \right| \leq \delta_{\text{итер}}, \quad (12)$$

где $x_{\delta(\text{ввод})}$, $x_{\delta(\text{итер})}$ — вводимое и расчетное (итерационное) значения расстояния между досками; $\delta_{\text{итер}}$ — погрешность итерации (принимается не более 1 %).

Методы расчета параметров траловых досок

Как было отмечено выше, основным элементом донной траловой системы, определяющей ее ориентацию в пространстве, — траловые доски. В общем случае условием равновесия траловой доски в воде является равенство нулю суммы моментов сил, приложенных к доске, проецированных на одну из осей в связанной системе координат (Карпенко, Фридман, 1980). Суммарный момент сил, действующих на доску, определяется из выражения

$$\sum M_Z = M_Z(R_x) + M_Z(R_y) + M_Z(T_{\text{каб}}) + M_Z(R_{x(\text{эп})}) + M_Z(R_{y(\text{эп})}), \quad (13)$$

где $M_Z(R_x)$, $M_Z(R_y)$ — моменты, создаваемые гидродинамическими силами; $M_Z(T_{\text{каб}})$ — момент, создаваемый натяжением кабеля; $M_Z(R_{x(\text{эп})})$, $M_Z(R_{y(\text{эп})})$ — моменты, создаваемые грунтодинамическими силами.

Решая методом итерации выражение (13), находим такой угол атаки, при котором сумма моментов сил окажется равной нулю. Как видим, при нахождении угла атаки по методике В.П. Карпенко внутри общей схемы решения трансцендентного уравнения (7) появляется блок с решением еще одного трансцендентного уравнения (13), что при автоматизированном расчете может явиться проблемой, связанной с цикличностью.

Существует более простой метод, предложенный Э.М. Рыкуновым (1970), в котором рабочий угол атаки траловой доски определяется по формуле

$$\alpha_{\delta} = \alpha_{0(\delta)} + \beta_{\kappa}, \quad (14)$$

где $\alpha_{0(\delta)}$ — строительный угол атаки доски, который задается конструктивно, град; β_{κ} — угол атаки кабелей, рад:

$$\beta_{\kappa} = \arcsin[(x_{\delta} - x_{\text{мп}})/L_{\kappa}]. \quad (15)$$

Сравнительные данные расчета угла атаки V-образной доски по методике Э.М. Рыкунова (формула 14) и по модели равновесия В.П. Карпенко (формула 13) приведены на рис. 2.

Графики на рис. 2 показывают некоторое различие в расчетах, которое в среднем составляет около 5°. Однако о реальной адекватности вышеприведенных методов (моделей) можно будет судить только тогда, когда будут экспериментальные данные по рабочим углам атаки траловых досок, полученные инструментальным способом, т.е. с помощью какого-либо угломерного прибора. Учитывая отсутствие этих данных, небольшое расхождение в результатах расчета, а также простоту метода Э.М. Рыкунова, в первом приближении для определения рабочего угла атаки траловых досок можно использовать выражение (14).

По рабочему углу атаки определяются гидродинамическое сопротивление и распорная сила траловых досок. Значения гидродинамических коэффициентов при изменении угла атаки досок обычно представлены в табличном или графическом виде. В таком виде их сложно использовать при автоматизированных расчетах на компьютере, поэтому возникает задача нахождения аналитической зависимости гидродинамических

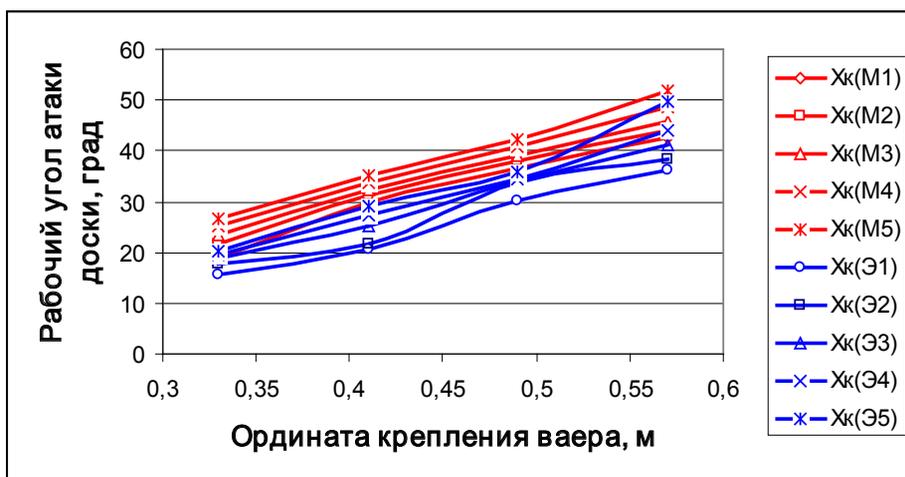


Рис. 2. Рабочие углы атаки V-образной траловой доски, рассчитанные по формуле Э.М. Рыкунова (Э) и по модели равновесия В.П. Карпенко (М)

Fig. 2. Angles of attack for V-shaped trawl board calculated using the formula of E.M. Rykunov (Э) and the equilibrium model of V.P. Karpenko (М)

коэффициентов от угла атаки траловой доски. Нами выявлено, что такие зависимости хорошо представляются аппроксимациями в виде полиномов:

$$c_{x,y(\alpha)} = a_0 + a_1\alpha_\alpha + a_2\alpha_\alpha^2 + a_3\alpha_\alpha^3 + a_4\alpha_\alpha^4 + a_5\alpha_\alpha^5 + a_6\alpha_\alpha^6, \quad (16)$$

где $a_0 \dots a_6$ — коэффициенты, которые найдены из анализа графических данных, приведенных в справочнике*. На рис. 3 показаны результаты сравнения экспериментальных и аппроксимированных значений гидродинамических коэффициентов различных траловых досок.

Приемлемая погрешность аппроксимации и хорошая сходимость экспериментальных точек и аналитических кривых на графиках рис. 3 позволяет использовать коэффициенты полиномов уравнения (15) при решении практических задач по определению лобового сопротивления и распорной силы траловых досок.

Методы расчета угла атаки кабелей и сетной оболочки трала

При расчете угла атаки кабелей по формуле (15) использовали измеренные значения расстояния между досками и крыльями трала, полученные нами при проведении экспериментальных работ (Мизюркин и др., 2012). В схеме Ф.И. Баранова определение угла атаки кабелей возможно лишь в предположении (Фридман, 1981; Розенштейн, 2000), что линия образующей трала (топенанты) является продолжением линии кабелей с пересечением линии тяги трала в точке k' (см. рис. 1). Это означает, что углы атаки кабелей и сетной оболочки трала должны быть одинаковыми. Однако известно, что в процессе траления образующая сетной оболочки трала принимает форму трактрисы (Розенштейн, 2000), из чего следует, что углы атаки различных частей сетной оболочки трала (крыльев и мотни) неодинаковы. Это подтверждается нашими экспериментальными данными, на основе которых, используя известную методику (Кручинин и др., 2012), получили значения горизонтальных углов атаки различных частей сетной оболочки трала (см. таблицу).

Приведенные выше обстоятельства заставляют искать адекватный метод расчета углов атаки кабелей, крыльев и мотни трала, отличающийся от метода, допускающего, что линия образующей трала является продолжением линии кабелей. Отметим, что формула (15) заранее неприемлема при вычислении угла атаки кабелей в общей схеме решения уравнения (7), потому что расстояние между крыльями нам неизвестно. Поэтому для нахождения углов атаки кабелей, крыльев и мотни трала придется

* Траловые доски промысловых судов. Владивосток: ЦПКТБ «Дальрыба», 1976. 48 с.

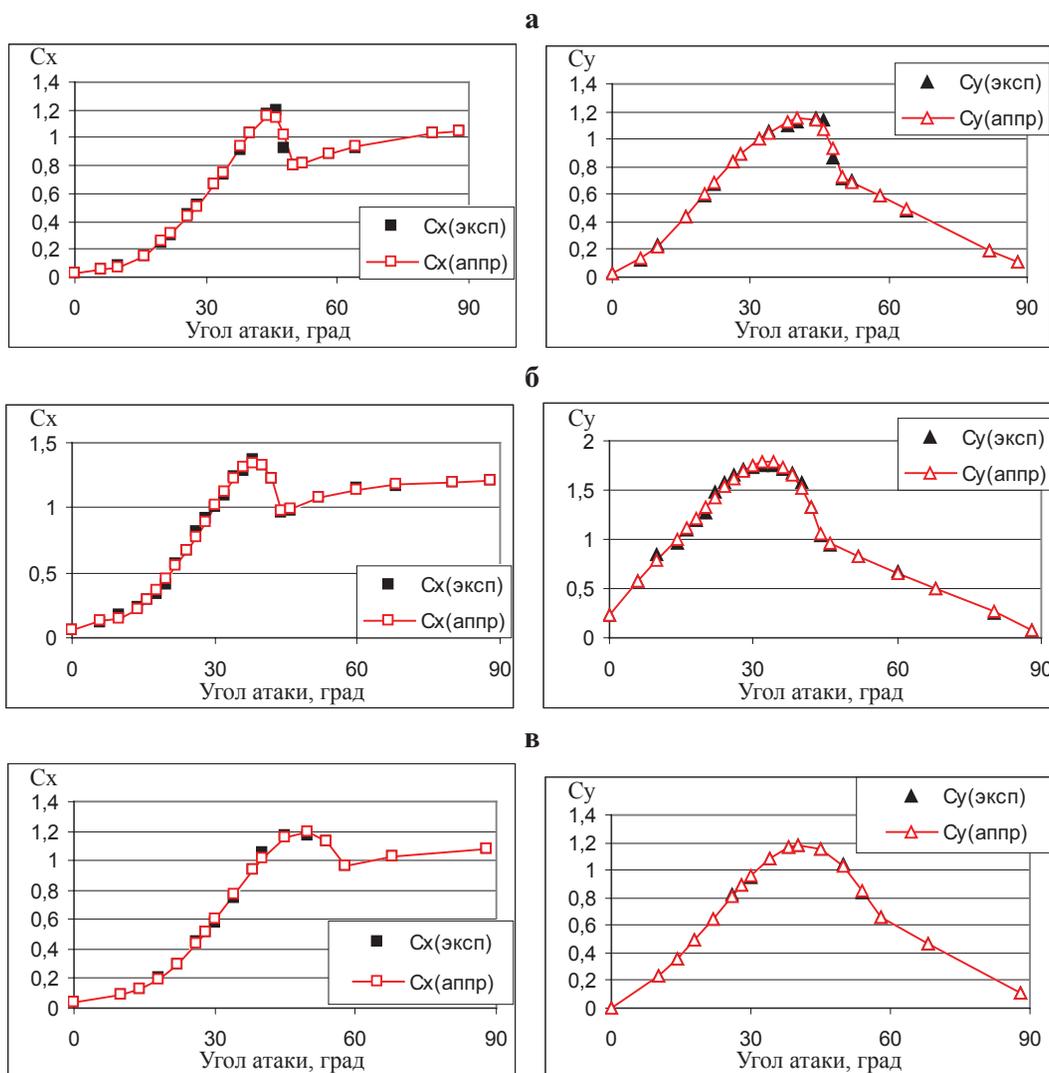


Рис. 3. Гидродинамические коэффициенты траловых досок: **а** — V-образной; **б** — круглой сферической; **в** — прямоугольной плоской

Fig. 3. Hydrodynamic coefficients of trawl boards: **a** — V-shaped; **b** — round spherical; **v** — rectangular flat

Усредненные значения углов атаки различных участков сетной оболочки донного трала 25,3/24,0 м

Averaged angles of attack for certain parts of netting of the bottom trawl 25.3/24.0 m

Часть сетной оболочки трала	Угол атаки, град
Крыло	18,4
Мотня	10,1
Мешок	0

использовать только вводимое в уравнение (7) значение расстояния между досками и исходные проектные характеристики трала: длину крыльев, мотни и мешка трала, а также периметры сетной оболочки в устье трала и в месте прикрепления мешка.

Анализ измерений параметров донного трала 65,4/49,6 м, выполненных на СТР «Актеон» с помощью аппаратуры «Scanmag» (Захаров, 2014), позволил нам сделать вывод о том, что крылья трала могут быть продолжением линии кабелей, так как крылья не создают сетной периметр ни в одной точке сечения и реагируют на увеличение расстояния между досками так же, как и кабели, тогда как форма мотни трала образуется

под действием сил, распределенных по всему периметру сетной оболочки от устья до конца мешка трала, а поэтому угол атаки сетной оболочки мотни трала меньше угла атаки крыльев трала. Учитывая эти обстоятельства, предлагаем следующие формулы для расчета углов атаки кабелей, крыльев и мотни донного трала в общей схеме решения уравнения (7):

$$\beta_k = \beta_{kr} = \arcsin[(x_\delta - R_{\text{меш}})/(L_{kr} + L_k)], \quad (17)$$

$$\beta_{\text{мот}} = \arcsin[(x_\delta - R_{\text{меш}})/(L_{\text{тр}} + L_k)], \quad (18)$$

где β_{kr} , $\beta_{\text{мот}}$ — углы атаки крыльев и сетной оболочки мотни трала, рад; L_{kr} — длина крыла трала по нижней подборе, м; L_k — длина кабеля с голым концом, м; $L_{\text{тр}}$ — длина трала с траловым мешком, м; $R_{\text{меш}}$ — радиус мешка трала, м:

$$P_{\text{меш}} = P_{\text{меш}}/2\pi, \quad (19)$$

где $P_{\text{меш}}$ — периметр сетной оболочки в месте прикрепления мешка трала в условной посадке 0,5.

На рис. 4 представлены экспериментальные значения углов атаки кабелей трех типов донных тралов, вычисленные по формуле (15), и сравнение их с расчетными значениями, полученными из выражения (17). Там же приведены данные расчетов угла атаки сетной оболочки мотни трала по формуле (18).

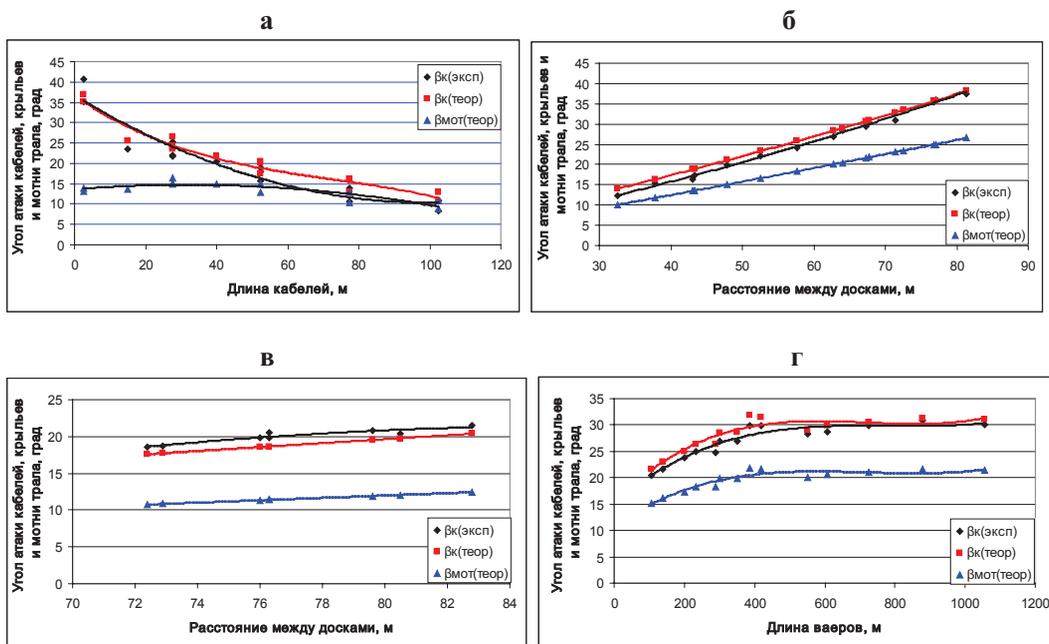


Рис. 4. Экспериментальные и расчетные данные по углам атаки кабелей, крыльев и сетной оболочки мотни донных тралов: **а** — трал 23,2/24,2 м; **б** — трал 27,1/25,3 м; **в** — трал 65,4/49,6 м; **г** — трал 27,1/25,3 м

Fig. 4. Experimental and calculated angles of attack for cables, wings and netting shell of bottom trawls: **а** — trawl 23.2/24.2 m; **б** — trawl 27.1/25.3 m; **в** — trawl 65.4/49.6 m; **г** — trawl 27.1/25.3 m

На графиках рис. 4 видно хорошее совпадение экспериментальных и расчетных значений угла атаки кабелей в зависимости от длины кабелей, ваеров и от расстояния между досками: средняя относительная погрешность вычислений составляет от 4,7 до 11,8 %. Учитывая вышеприведенный результат анализа, можно рекомендовать выражения (17) и (18) для расчетов углов атаки кабелей, крыльев и мотни донного трала в общей схеме решения трансцендентного уравнения (7).

Результаты расчета параметров донной траловой системы

Для расчета параметров донной траловой системы разработан алгоритм в программе Microsoft© Office Excel. Расчетный алгоритм включает следующие

блоки: 1) расчет фиктивной площади, сплошности и площади нитей сетной оболочки трала; 2) расчет силовых характеристик сетной оболочки трала; 3) расчет силовых характеристик верхней и нижней подбор трала; 4) расчет угла атаки и силовых характеристик кабелей; 5) расчет угла атаки и силовых характеристик распорных досок; 6) расчет угла атаки и силовых характеристик ваеров; 7) расчет рабочих параметров траловой системы.

Проверка на адекватность модели и расчетного алгоритма произведена на основе экспериментальных данных, полученных нами для двух донных тралов: 23,2/24,2 и 27,1/24,4 м. Степень адекватности модели оценивали с помощью величины погрешности между экспериментальными и расчетными данными. На рис. 5–7 показаны графики расчетных и экспериментальных данных по расстоянию между досками в зависимости от длины кабелей и ваеров и натяжению ваера в зависимости от скорости траления. На графиках видна хорошая сходимость расчетных и экспериментальных значений. Относительная погрешность расчетов, приведенных на графике рис. 5, составляет от 0,1 до 8,7 %, на рис. 6 — от 0,4 до 7,0, на рис. 7 — от 0,2 до 7,4 % в различных диапазонах длин кабелей, ваеров и скоростей траления. Малая погрешность в вышеприведенных примерах расчета указывает на адекватность разработанной нами математической модели.

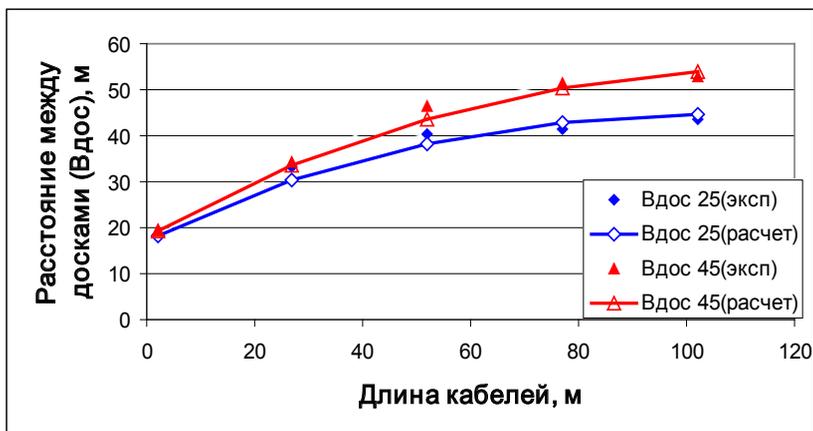


Рис. 5. Расчетные и экспериментальные данные по расстоянию между досками донного трала 23,2/24,2 м в зависимости от длины кабелей при тралениях на глубинах 25 и 45 м

Fig. 5. Calculated and experimental data on distance between doors of the bottom trawl 23.2/24.2 m in dependence on its cables length for trawling at depths of 25 m and 45 m

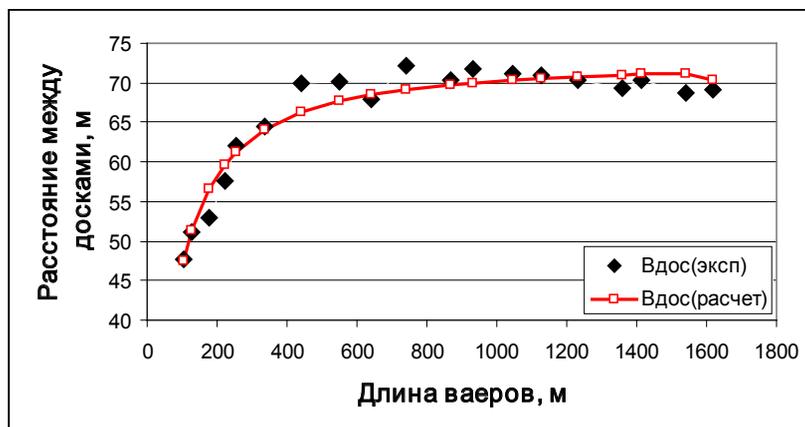


Рис. 6. Расчетные и экспериментальные данные по расстоянию между досками донного трала 27,1/25,3 м в зависимости от длины ваеров

Fig. 6. Calculated and experimental data on distance between doors of the bottom trawl 27.1/25.3 m in dependence on its warps length

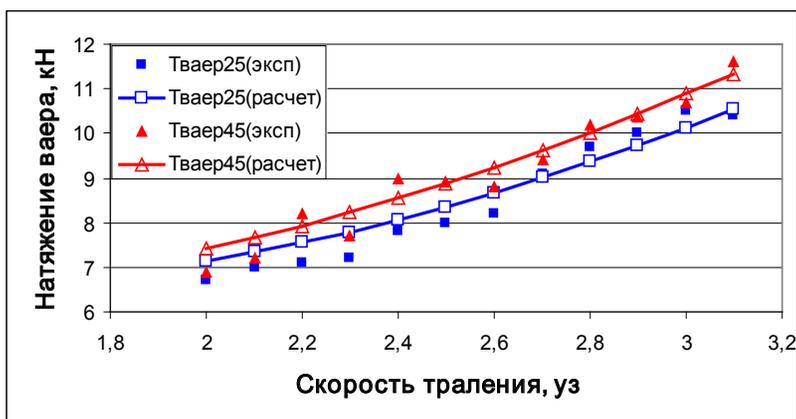


Рис. 7. Расчетные и экспериментальные данные по натяжению ваеров ($T_{\text{ваер}}$) донного трала 23,2/24,2 м в зависимости от скорости тралений на глубинах 25 и 45 м

Fig. 7. Calculated and experimental data on tension of warps ($T_{\text{ваер}}$) for the bottom trawl 23.2/24.2 m in dependence on speed of trawling at depths of 25 m and 45 m

В настоящее время с применением языка Visual Basic разрабатывается программа «BOTTOM TRAWL PARAMETERS» для регистрации расчетного алгоритма в Отраслевом фонде алгоритмов и программ.

Выводы

Разработана математическая модель для определения силовых и геометрических параметров донной траловой системы, отличающаяся тем, что в ней учитывается влияние грунта на сопротивление и распорную силу элементов траловой системы.

Выявлены наиболее приемлемые методы расчета отдельных элементов донной траловой системы.

Проверка математической модели и расчетного алгоритма в программе Microsoft® Office Excel выявила хорошую сходимость расчетных и экспериментальных значений. Относительная погрешность расчетов не превышает 10 %, что указывает на адекватность разработанной модели.

Список литературы

- Баранов Ф.И.** Избранные труды. Т. 1 : Техника промышленного рыболовства : моногр. — М. : Пищ. пром-сть, 1969. — 720 с.
- Баранов Ф.И.** Техника промышленного рыболовства : моногр. — М. : Пищ. пром-сть, 1960. — 696 с.
- Веденев В.Л.** Исследование влияния грунта на работу траловых распорных устройств : дис. ... канд. техн. наук. — Калининград : КТИРПХ, 1974. — 110 с.
- Веденев В.Л.** Методика учета влияния грунта на работу траловых досок : ЭИ / ЦНИИ-ТЭИРХ. Сер. Промрыболовство. — 1975. — Вып. 5. — 20 с.
- Войниканис-Мирский В.Н.** Техника промышленного рыболовства : моногр. — М. : Лег. и пищ. пром-сть, 1983. — 488 с.
- Волвенко И.В.** Технические проблемы адекватной интерпретации результатов траловых съемок и пути их решения // Изв. ТИНРО. — 2013. — Т. 172. — С. 282–293.
- Заферман М.Л.** Основные принципы инструментального метода определения коэффициента уловистости // Тез. докл. 9-й Всерос. конф. по проблемам рыбопромысл. прогнозирования. — Мурманск : ПИНРО, 2004. — С. 9–10.
- Захаров Е.А.** Геометрические параметры донного трала 65,4/49,6 // Мат-лы Междунар. науч.-практ. конф. «Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана». — Владивосток : Дальрыбвтуз, 2014. — С. 305–310.
- Захаров Е.А., Кручинин О.Н., Мизюркин М.А., Сафронов В.А.** Теоретический метод определения расстояния между досками донного трала (на основе схемы Ф.И. Баранова) // Мат-лы Междунар. науч.-практ. конф. «Научно-практические вопросы регулирования рыболовства». — Владивосток : Дальрыбвтуз, 2013а. — С. 89–100.

Захаров Е.А., Кручинин О.Н., Мизюркин М.А., Сафронов В.А. Геометрические параметры донного трала 27,1/24,4 и возможные погрешности в оценке численности гидробионтов // Изв. ТИНРО. — 20136. — Т. 174. — С. 284–292.

Карпенко В.П., Фридман А.Л. Устройства раскрытия рыболовных тралов : моногр. — М. : Пищ. пром-сть, 1980. — 248 с.

Коротков В.К. Положение турбулентных шлейфов относительно кабелей и их влияние на поведение рыб в зоне облова // Рыб. хоз-во. — 1973. — № 6. — С. 46–50.

Коротков В.К. Реакция рыб на трал, технология их лова : моногр. — Калининград : ЭКБ АО «МАРИНПО», 1998. — 397 с.

Коротков В.К. Эффективность отпугивания рыб кабелями донного трала // Рыб. хоз-во. — 1978. — № 2. — С. 57–59.

Кручинин О.Н., Волвенко И.В., Сафронов В.А. Расчет геометрии донных тралов по их проектным характеристикам // Изв. ТИНРО. — 2012. — Т. 170. — С. 241–255.

Кручинин О.Н., Кузнецов Ю.А. Аппроксимационные уравнения цепной линии для расчета гибких элементов орудий лова // Изв. ТИНРО. — 2012. — Т. 169. — С. 176–190.

Кручинин О.Н., Мизюркин М.А., Сафронов В.А. Способ определения коэффициентов уловистости донного трала // Изв. ТИНРО. — 2011. — Т. 164. — С. 374–383.

Кручинин О.Н., Сафронов В.А. Адекватность методов вычисления гидродинамического сопротивления сетей пространственной формы // Мат-лы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию В.С. Калиновского. — Владивосток : Дальрыбвтуз, 2011. — С. 238–244.

Лапшин О.М. Теория, методология и практика учетных рыболовных систем : автореф. дис. ... д-ра техн. наук. — М. : ВНИРО, 2009. — 48 с.

Мизюркин М.А., Костюков В.М. О гидродинамике трала // Рыб. хоз-во. — 1982. — № 6. — С. 66–67.

Мизюркин М.А., Кручинин О.Н., Сафронов В.А. и др. Геометрические параметры, натяжение ваеров и уловы донного трала при различной длине кабелей // Изв. ТИНРО. — 2011. — Т. 164. — С. 360–373.

Мизюркин М.А., Кручинин О.Н., Сафронов В.А., Захаров Е.А. Влияние угла атаки траловых досок на сопротивление и геометрические параметры донной траловой системы // Изв. КГТУ. — 2012. — № 24. — С. 158–165.

Мизюркин М.А., Кручинин О.Н., Сеславинский В.И. и др. Геометрия и уловистость донного трала в зависимости от длины кабелей // Мат-лы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 85-летию А.Л. Фридмана. — Калининград : КГТУ, 2010. — С. 54–63.

Недоступ А.А. Исследование гидродинамического коэффициента сопротивления тралов : дис. ... канд. техн. наук. — Калининград : КГТУ, 1999. — 194 с.

Недоступ А.А. Метод расчета силовых и геометрических характеристик донных тралов // Изв. ТИНРО. — 2011. — Т. 164. — С. 348–359.

Недоступ А.А. Метод расчета силовых и геометрических характеристик разноглубинных тралов // Изв. ТИНРО. — 2009. — Т. 157. — С. 229–246.

Недоступ А.А. Определение характеристик урезов донного невода (снюрревода) // Успехи рыболовства. — Владивосток : Дальрыбвтуз, 2008. — С. 62–71.

Недоступ А.А., Белых А.В. Физическое и математическое моделирование движения снюрревода по грунту водоема // Мат-лы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию В.С. Калиновского. — Владивосток : Дальрыбвтуз, 2011. — С. 207–214.

Обвинцев А.Л., Люторевич В.М., Батров В.Г. Исследование гидродинамических характеристик конусообразных сетей // Промышленное рыболовство. — Калининград : КГТУ, 2005. — С. 66–73.

Ревин А.С. Исследование влияния структуры и формы траловой сети на ее сопротивление в воде // Тр. ВНИРО. — 1959. — Т. 41. — С. 66–82.

Розенштейн М.М. Механика орудий рыболовства : моногр. — Калининград : КГТУ, 2000. — 363 с.

Розенштейн М.М. О выборе оптимальной конструкции траловой доски при проектировании донного трала // Мат-лы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 85-летию А.Л. Фридмана. — Калининград : КГТУ, 2010. — С. 276–283.

Розенштейн М.М. Проектирование орудий рыболовства : моногр. — Калининград : КГТУ, 2003. — 367 с.

Розенштейн М.М. Расчет элементов глубоководной траловой системы : моногр. — М. : Пищ. пром-сть, 1976. — 196 с.

Розенштейн М.М., Недоступ А.А. Метод расчета коэффициента сопротивления сетной части трала // Рыб. хоз-во. — 1997. — № 4. — С. 47–48.

Рыкунов Э.М. Расчет рабочих параметров траловых систем с учетом создаваемых распорными досками гидродинамических следов // Промышленное рыболовство. — Владивосток : ТИНРО, 1973. — Вып. 4. — С. 3–14.

Рыкунов Э.М. Сравнительная характеристика круглых сферических досок и техника работы с ними на траулерах средней мощности. — Владивосток : ЦБТИ «Дальрыба», 1970. — 28 с.

Сафронов В.А., Кручинин О.Н., Захаров Е.А. Метод расчета угла атаки кабелей донного трала // Изв. ТИНРО. — 2013. — Т. 173. — С. 269–279.

Сеславинский В.И. Грунты — область взаимодействия тралирующих орудий лова // Изв. ТИНРО. — 1975. — Т. 94. — С. 184–194.

Фридман А.Л. Теория и проектирование орудий промышленного рыболовства : моногр. — М. : Лег. и пищ. пром-сть, 1981. — 328 с.

Gómez J.D., Jiménez J.R.V. Methods for the Theoretical Calculation of Wing and Door Spread of Bottom Trawls // J. Northw. Atl. Fish. Sci. — 1994. — Vol. 16. — P. 41–48.

Поступила в редакцию 16.11.15 г.