ПРОМРЫБОЛОВСТВО

УДК 639.2.081.117.21

В.И. Габрюк¹, В.В. Кудакаев¹, Л.А. Габрюк^{2*}

¹ Дальневосточный государственный технический
рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б;

² Морской государственный университет,
690003, г. Владивосток, ул. Верхнепортовая, 50а

**МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ ТОЧЕК КРЕПЛЕНИЯ
ВАЕРА И ЛАПОК К ТРАЛОВЫМ ДОСКАМ**

Изложена методика аналитического определения положения точек крепления ваера и лапок к траловым доскам при любых способах крепления лапок к доске. Разработаны математическая модель и алгоритм определения положения точек крепления лапок при треугольной и раздельной схемах их крепления к доске. Приведены формулы для нахождения длин лапок. Даны условия устойчивого равновесия траловых досок.

Ключевые слова: траловые доски, ваер, лапки доски, точки крепления ваеров и лапок, математические модели.

DOI: 10.26428/1606-9919-2020-200-184-192.

Gabryuk V.I., Kudakaev V.V., Gabryuk L.A. Method for determining the position of the points for attachment of warp and backstrops to trawl boards // *Izv. TINRO*. — 2020. — Vol. 200, Iss. 1. — P. 184–192.

Technique for analytical determining where the warp and backstrops should be attached to trawl board is proposed. The algorithm is developed for both triangular and quadrangular arrangement of the backstrops. Equations for calculation of the backstrops length are presented. Equilibrium stability conditions are defined for trawl doors.

Key words: trawl door, warp, backstop, attachment point, mathematical model.

Введение

Определение положения точек крепления ваера и лапок к доске является одной из важнейших задач механики траловых досок, так как от правильного выбора положения этих точек зависит устойчивость движения как самих досок, так и всей траловой системы.

Исследованию механики траловых досок посвящено множество работ [Рыкунов, 1972; Stengel, Fridman, 1977; Карпенко, Фридман, 1980; Reite, 2006; Габрюк, 2011,

* Габрюк Виктор Иванович, доктор технических наук, профессор, руководитель научной школы, e-mail: gabrukvi@rambler.ru; Кудакаев Василий Владимирович, кандидат технических наук, доцент, e-mail: kudakaev_v@mail.ru; Габрюк Людмила Александровна, кандидат технических наук, доцент, e-mail: zdorova2003@rambler.ru.

Gabryuk Victor I., D.Tech., professor, head of research school, Far-Eastern State Technical Fisheries University, 52B, Lugovaya Str., Vladivostok, 690087, Russia, e-mail: gabrukvi@rambler.ru; Kudakaev Vasily V., Ph.D., senior lecturer, Far-Eastern State Technical Fisheries University, 52B, Lugovaya Str., Vladivostok, 690087, Russia, e-mail: kudakaev_v@mail.ru; Gabryuk Ludmila A., Ph.D., senior lecturer, Maritime State University, 50a, Verkhneportovaya Str., Vladivostok, 690003, Russia, e-mail: zdorova2003@rambler.ru.

2016; Розенштейн, Недоступ, 2011; Габрюк, Корниенко, 2016; Корниенко, 2016], однако вопрос определения положения точек крепления при любых способах крепления лапок к доске до сих пор остается открытым. Ранее [Габрюк, 2011, 2016] эта задача решалась для частного случая, когда точки крепления лапок к доске лежат на прямой, параллельной оси симметрии щитка доски.

Целью данной работы являются получение математической модели и разработка методики, которая позволит, используя компьютерное моделирование, определять положения точек крепления ваера и лапок к доске при любых способах их крепления, что даст возможность избегать затрат промышленного времени на оптимальную настройку досок.

Новое в предлагаемой работе — это разработанная математическая модель и методика определения положения точек крепления лапок к траловой доске, когда точки крепления не лежат на прямой, параллельной оси симметрии щитка доски, как при треугольной, так и при раздельной схемах крепления лапок. На базе разработанной математической модели выполнено моделирование V-образной конической траловой доски конструкции ПЭБ.

Материалы и методы

Объектом исследования являются траловые доски (рис. 1), которые обеспечивают горизонтальное раскрытие устья трала и являются важными элементами траловых рыболовных систем: эффективность работы трала на заданной глубине зависит от устойчивости движения траловых досок, которая обеспечивается соответствующим выбором точек крепления ваера O и лапок E_1 и E_2 .

Рис. 1. Элементы траловой доски и силы, приложенные к ней: 1 — траловая дуга; 2 — планка; 3 — цепь; 4 — скобы для лапок; 5 — щиток; 6 — стрингеры; 7 — киль (x_D, y_D, z_D) — связанная с доской система координат

Fig. 1. Elements of trawl door and the forces applied to it: 1 — bracket; 2 — plank; 3 — chain; 4 — shackles for backstops; 5 — screen; 6 — stringers; 7 — keel; the coordinate system (x_D, y_D, z_D) is fixed to the trawl door

Для определения положения этих точек используются:

1. Условия равновесия траловых досок.
2. Условия устойчивости равновесия траловых досок.
3. Условия, вытекающие из геометрии доски и конструктивных соображений.

Результаты и их обсуждение

Условия равновесия траловых досок. На траловую доску действует пять сил: натяжение ваера $\vec{T}_0$, приложенное в точке O крепления ваера к доске; натяжения верхней

$\vec{T}_1$ и нижней $\vec{T}_2$ лапок, приложенные в точках их крепления E_1 и E_2 ; гидродинамическая сила $\vec{R}$, приложенная в центре давления доски D ; вес доски в воде $\vec{Q}$, приложенный в центре тяжести доски C (рис. 1). Для равновесия траловой доски необходимо, чтобы суммы моментов этих сил относительно осей x, y, z , проходящих через точку O (рис. 2) и параллельных осям связанной с доской системы (x_D, y_D, z_D) , равнялись нулю, что дает три моментных уравнения равновесия доски:

$$\begin{aligned} a_2 x_0 - a_1 y_0 &= b_1, \\ a_3 x_0 - a_1 z_0 &= b_2, \\ a_3 y_0 - a_2 z_0 &= b_3. \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь x_0, y_0, z_0 — координаты точки крепления ваера к доске O в связанной с доской системе координат.

Рис. 2. Характеристики лапок при треугольной схеме их крепления к доске, раздельная схема крепления указана пунктирными линиями: 1 — лапки; 2 — одинарный кабель; 3, 4 — верхний и нижний кабели; 5 — щиток

Fig. 2. Backstrops parameters for the case of their triangular arrangement: 1 — backstrops; 2 — sweep; 3, 4 — upper and lower bridles; 5 — screen; scheme of quadrangular arrangement is shown by dashed lines

Величины a_1, a_2, a_3 и b_1, b_2, b_3 , входящие в уравнения (1), определяются по формулам:

• при раздельной схеме лапок

$$\begin{aligned} a_i &= T_{1i} + T_{2i} + R_i + Q_i \quad i = 1; 2; 3; \\ b_1 &= T_{12}x_1 - T_{11}y_1 + T_{22}x_2 - T_{21}y_2 + R_2x_D - R_1y_D + Q_2x_C - Q_1y_C, \\ b_2 &= T_{13}x_1 - T_{11}z_1 + T_{23}x_2 - T_{21}z_2 + R_3x_D - R_1z_D + Q_3x_C - Q_1z_C, \\ b_3 &= T_{13}y_1 - T_{12}z_1 + T_{23}y_2 - T_{22}z_2 + R_3y_D - R_2z_D + Q_3y_C - Q_2z_C; \end{aligned}$$

• при треугольной схеме лапок

$$\begin{aligned} a_i &= T_i^O + R_i + Q_i, \quad i = 1; 2; 3; \\ b_1 &= x_E T_2^O - y_E T_1^O + x_D R_2 - y_D R_1 + x_C Q_2 - y_C Q_1, \\ b_2 &= x_E T_3^O - z_E T_1^O + x_D R_3 - z_D R_1 + x_C Q_3 - z_C Q_1, \\ b_3 &= y_E T_3^O - z_E T_2^O + y_D R_3 - z_D R_2 + y_C Q_3 - z_C Q_2. \end{aligned}$$

Здесь $x_1, y_1, z_1; x_2, y_2, z_2$ — координаты точек крепления лапок E_1 и E_2 ; $x_D, y_D, z_D; x_C, y_C, z_C$ — координаты центра давления D и центра масс доски C ; x_E, y_E, z_E — координаты точки E пересечения линии одинарного кабеля KK_1 с прямой E_1E_2 (рис. 2); T_{11}, T_{12}, T_{13} — проекции натяжения верхнего $\vec{T}_1$, а T_{21}, T_{22}, T_{23} — нижнего $\vec{T}_2$ кабеля на оси связанной системы координат; $R_1, R_2, R_3; Q_1, Q_2, Q_3; T_1^O, T_2^O, T_3^O$ — проекции гидродинамической силы $\vec{R}$, веса доски в воде $\vec{Q}$ и натяжения одинарного кабеля $\vec{T}_K^O$ на оси связанной с доской системы координат, определяемые по формулам, приведенным в работе В.И. Габрюка [2016, с. 156–157].

Уравнения (1) — это система линейных алгебраических уравнений. Определитель Δ из коэффициентов a_1, a_2, a_3 при неизвестных x_0, y_0, z_0 этой системы имеет вид:

$$\Delta = \begin{vmatrix} a_2 & -a_1 & 0 \\ a_3 & 0 & -a_1 \\ 0 & a_3 & -a_2 \end{vmatrix} = a_3 a_1 a_2 - a_3 a_1 a_2 = 0.$$

Так как определитель Δ системы (1) равен нулю, то эта система в общем случае не имеет решения, т.е. несовместная. Система (1) будет иметь решение при выполнении условия совместности, вытекающего из теоремы Кронекера-Капелли [Бронштейн, Семендяев, 2010]:

$$a_1 b_3 - a_2 b_2 + a_3 b_1 = 0,$$

раскрывая которое, получим:

- при раздельной схеме крепления лапок

$$x_1(a_2 T_{13} - a_3 T_{12}) + y_1(a_3 T_{11} - a_1 T_{13}) + z_1(a_1 T_{12} - a_2 T_{11}) + \\ + x_2(a_2 T_{23} - a_3 T_{22}) + y_2(a_3 T_{21} - a_1 T_{23}) + z_2(a_1 T_{22} - a_2 T_{21}) + C = 0; \quad (2)$$

- при треугольной схеме крепления лапок

$$x_E(a_2 T_3^O - a_3 T_2^O) + y_E(a_3 T_1^O - a_1 T_3^O) + z_E(a_1 T_2^O - a_2 T_1^O) + C = 0. \quad (3)$$

Здесь $C = x_D(a_2 R_3 - a_3 R_2) + y_D(a_3 R_1 - a_1 R_3) + z_D(a_1 R_2 - a_2 R_1) + \\ + x_C(a_2 Q_3 - a_3 Q_2) + y_C(a_3 Q_1 - a_1 Q_3) + z_C(a_1 Q_2 - a_2 Q_1).$

Только при выполнении условий (2) и (3) система (1) имеет решение: траловая доска будет находиться в равновесии, в противном случае она будет совершать колебания.

Правые части уравнений (1) b_1, b_2, b_3 зависят от координат точек крепления лапок E_1, E_2 и E , поэтому для определения координат точки O крепления ваера к доске необходимо предварительно выбрать положения этих точек.

Определение положения точек крепления лапок к доске. При определении положений точек крепления лапок к доске используются условия совместности (2) и (3) и условия, вытекающие из геометрии доски и конструктивных соображений.

Треугольная схема крепления лапок (рис. 2). Координаты точки $E(x_E, y_E, z_E)$ определяются из уравнения совместности (3). При этом возможны два варианта.

1. Отверстия E_1 и E_2 для крепления верхней и нижней лапок лежат на прямой, параллельной оси симметрии щитка доски z_D (рис. 2). В этом случае абсциссы и ординаты точек E, E_1, E_2 одинаковы:

$$x_E = x_1 = x_2; y_E = y_1 = y_2,$$

подставляя их в уравнение (3), определяем аппликату z_E точки E .

2. Точки E_1 и E_2 не лежат на прямой, параллельной оси z_D . В этом случае положение точки E определяется следующим образом.

Длина отрезка $E_1 E_2$ равна

$$|E_1 E_2| = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}.$$

Направляющие косинусы прямой $E_1 E_2$:

$$c_1 = (x_2 - x_1)/|E_1 E_2|, \quad c_2 = (y_2 - y_1)/|E_1 E_2|, \quad c_3 = (z_2 - z_1)/|E_1 E_2|.$$

Обозначим через l длину отрезка $E_1 E$. Направляющие косинусы прямых $E_1 E_2$ и $E_1 E$ одинаковы, т.е.

$$(x_E - x_1)/l = c_1, \quad (y_E - y_1)/l = c_2, \quad (z_E - z_1)/l = c_3.$$

Отсюда следуют параметрические уравнения прямой $E_1 E$:

$$x_E = x_1 + c_1 l = x_1 + l(x_2 - x_1)/|E_1 E_2|, \\ y_E = y_1 + c_2 l = y_1 + l(y_2 - y_1)/|E_1 E_2|, \\ z_E = z_1 + c_3 l = z_1 + l(z_2 - z_1)/|E_1 E_2|. \quad (4)$$

Подставляя уравнения (4) в (3), получим уравнение с одним неизвестным — параметром l . Найдя l из уравнения (3), по формулам (4) определим координаты точки E .

Для определения длины верхней и нижней лапок сначала определяют координаты точки их соединения K_1 :

$$x_{K_1} = x_E + l_O^J \cdot T_1^O / T_K^O,$$

$$y_{K_1} = y_E + l_O^J \cdot T_2^O / T_K^O,$$

$$z_{K_1} = z_E + l_O^J \cdot T_3^O / T_K^O.$$

Здесь T_1^O, T_2^O, T_3^O — проекции натяжения одинарного кабеля на оси досковой системы координат; $T_K^O = \sqrt{(T_1^O)^2 + (T_2^O)^2 + (T_3^O)^2}$ — натяжение одинарного кабеля; $l_O^J = |K_1 E|$ — длина «одинарной лапки» (рис. 2).

Длины верхней l_1^J и нижней l_2^J лапок определяются по формулам:

$$\begin{aligned} l_1^J &= \sqrt{(x_{K_1} - x_1)^2 + (y_{K_1} - y_1)^2 + (z_{K_1} - z_1)^2}, \\ l_2^J &= \sqrt{(x_{K_1} - x_2)^2 + (y_{K_1} - y_2)^2 + (z_{K_1} - z_2)^2}. \end{aligned} \quad (5)$$

Раздельная схема крепления лапок. Для определения координат точек крепления лапок к доске имеется одно уравнение (2), которое содержит 6 неизвестных — x_1, y_1, z_1 и x_2, y_2, z_2 . Поэтому положение точки крепления нижней лапки $E_2(x_2, y_2, z_2)$ выбирают из конструктивных соображений, а положение точки крепления верхней лапки $E_1(x_1, y_1, z_1)$ определяется из уравнения (2). Здесь возможны два варианта.

1. Точки крепления верхней и нижней лапок лежат на прямой, параллельной оси z_D , при этом абсциссы и ординаты этих точек одинаковы:

$$x_1 = x_2; \quad y_1 = y_2,$$

подставляя их в уравнение (2), получим уравнение для определения z_1 .

2. Отверстия для крепления верхней лапки E_1 лежат на некоторой прямой AB , не параллельной оси симметрии щитка доски z_D (рис. 3). Направляющие косинусы прямой AB :

$$c_1 = (x_B - x_A) / |AB|, \quad c_2 = (y_B - y_A) / |AB|, \quad c_3 = (z_B - z_A) / |AB|,$$

$$|AB| = \sqrt{(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2 + (z_B - z_A)^2}.$$

Здесь $x_A, y_A, z_A; x_B, y_B, z_B$ — координаты точек A и B , которые выбирают из конструктивных соображений.

Рис. 3. Координата l на прямой AB , определяющая положение точки E_1 крепления верхней лапки к доске

Fig. 3. Coordinate l on the straight AB that determines position of the point E_1 where the upper backstop should be attached to trawl door

Параметрические уравнения прямой AB :

$$\begin{aligned} x_1 &= x_A + c_1 l = x_A + (x_B - x_A) l / |AB|, \\ y_1 &= y_A + c_2 l = y_A + (y_B - y_A) l / |AB|, \\ z_1 &= z_A + c_3 l = z_A + (z_B - z_A) l / |AB|. \end{aligned} \quad (6)$$

Здесь x_1, y_1, z_1 — координаты точки E_1 ; l — длина отрезка AE_1 (рис. 3).

Подставляя уравнения (6) в формулу (2), получим уравнение для определения l .

Длины верхней и нижней лапок при четырехугольной схеме выбираются равными и такими, чтобы имела возможность отключать траловые доски при подъеме трала на палубу. Такая возможность обеспечивается, если длины лапок определяются по формуле

$$l_1^{\text{II}} = l_2^{\text{II}} \geq 0,5b_T + l_C,$$

где l_1^{II} , l_2^{II} — длины верхней и нижней лапок; b_T — ширина судна в районе транца; l_C — длина слипа (величины b_T и l_C выбираются из чертежа судна).

Определение положения точки O крепления ваера к доске. Нахождение координат точки $O(x_0, y_0, z_0)$ зависит от способа крепления ваера к доске. Для крепления ваера в V-образных конических траловых досках, широко используемых на дальневосточном бассейне, применяется планка 1, крепящаяся шарнирно к стрингеру 2 (рис. 4).

Рис. 4. Характеристики V-образной конической доски с планкой для крепление ваера: 1 — планка; 2 — стрингер; 3 — щиток

Fig. 4. Parameters of V-shaped conic trawl door with the plank for warp fastening: 1 — plank; 2 — stringer; 3 — screen

В этом случае выполняются соотношения (7), вытекающие из геометрии доски (рис. 4):

$$y_0 = -L \cos \delta; \quad z_0 = -L \sin \delta. \quad (7)$$

Здесь δ — угол между планкой и стрингером; L — расстояние от точки O до оси вращения планки. Параметр L выбирают из конструктивных соображений.

Подставляя соотношения (7) в третье уравнение системы (1), получим уравнение (8) для определения угла δ :

$$a_2 L \sin \delta - a_3 L \cos \delta = b_3. \quad (8)$$

Найдя δ из уравнения (8), по формулам (7) определим координаты y_0, z_0 , а затем из первого или второго уравнения системы (1) — абсциссу точки крепления ваера x_0 :

$$x_0 = (b_1 + a_1 y_0) / a_2 = (b_2 + a_1 z_0) / a_3. \quad (9)$$

Условия устойчивости равновесия траловых досок. В положении равновесия траловой доски главные моменты действующих на нее сил равны нулю, т.е.:

$$M_x = 0, \quad M_z = 0,$$

где M_x, M_z — главные моменты действующих на доску сил относительно осей x и z .

Случайные воздействия могут вывести доску из положения равновесия, при этом углы α и λ получают приращения $\Delta\alpha$ и $\Delta\lambda$ и возникают отличные от нуля главные моменты ΔM_x и ΔM_z .

Равновесие доски устойчиво, если при ее отклонениях от положения равновесия возникают моменты ΔM_x и ΔM_z , стремящиеся вернуть ее в положение равновесия. Это возможно тогда, когда знаки главных моментов $\Delta M_x, \Delta M_z$ и приращений углов $\Delta\alpha$ и $\Delta\lambda$ противоположны, что аналитически выражается неравенствами

$$M_z^\alpha = \Delta M_z / \Delta\alpha = \partial M_z / \partial \alpha < 0, \quad M_x^\lambda = \Delta M_x / \Delta\lambda = \partial M_x / \partial \lambda < 0. \quad (10)$$

Здесь верхними индексами α и λ обозначены частные производные по углу атаки и углу крена траловой доски.

Первое неравенство (10) характеризует продольную устойчивость доски (устойчивость по углу атаки), а второе — поперечную устойчивость доски (устойчивость по

углу крена). Производные от главных моментов по углу атаки и углу крена определяются по формулам, приведенным в работе В.И. Габрюка [2016, с. 165–166].

Методику определения положения точек крепления лапок рассмотрим на примере доски проекта 2490 (конструктор П.П. Аугулис). Из конструктивных соображений П.П. Аугулис предусмотрел на щитке доски пять отверстий для крепления нижней лапки и четыре отверстия для крепления верхней лапки (см. рис. 1). Причем все отверстия для крепления лапок лежат на прямой, параллельной оси z_D (см. рис. 2).

Задача определения положения точек крепления лапок к этой доске решается следующим образом. Выбирается одно из нижних отверстий и определяется из уравнения (2) аппликата z_1 верхнего отверстия. Максимальное значение z_1 в этой доске равно 1,8 м. Перебрав все пять нижних отверстий, обнаружили, что во всех случаях определенные расчетом аппликаты $z_1 > 1,8$ м, т.е. расчетные отверстия для крепления верхней лапки выходят за габариты доски. Значит, если крепить лапки в отверстия, предусмотренные проектом, то доска не будет при тралении находиться в равновесии. Наблюдения с подводного аппарата подтвердили это положение. При тралении крен доски менялся: она совершала колебания по крену.

Путем математического моделирования найдено решение, как изменить положение точек крепления лапок, чтобы обеспечить устойчивое равновесие доски при тралении.

Представленная математическая модель (1–10) для определения положения точек крепления ваеров и лапок к траловой доске является универсальной, так как позволяет решать эту задачу при любых способах крепления лапок к доске.

Используя эту математическую модель, выполнено моделирование V-образной траловой конической доски проекта 1179 (конструктор В.Д. Бабенко, см. рис. 4), результаты которого приведены в таблице для случая, когда доска идет ниже гидродинамического щитка на 10 м, т.е. $\Delta h = -10$ м. Так как для этой доски x_0 и z_1 имеют максимальные значения: $x_0 = 0,9$ м, а $z_1 = -1,2$ м, то из данных таблицы следует, что максимальная ширина планки L не должна быть более 0,3 м, иначе точки крепления ваера и лапок выйдут за габариты доски. При этом доска будет двигаться устойчиво как по углу атаки, так и по углу крена, так как производные от главных моментов по углу атаки и крена отрицательные. Для этой доски запас продольной устойчивости значительно превышает запас поперечной устойчивости $M_z^a > M_x^\lambda$. С ростом L возрастает продольная устойчивость (по углу атаки), а поперечная устойчивость доски (по углу крена) практически остается неизменной. Таким образом, изменением ширины планки L можно добиться увеличения продольной устойчивости доски, но невозможно добиться увеличения поперечной устойчивости, для этого надо изменить способ крепления лапок.

Результаты моделирования V-образной конической траловой доски
с горизонтальной планкой для крепления ваера, $\Delta h = -10$ м

Modeling of V-shaped conic trawl door with horizontal plank for warp fastening, $\Delta h = -10$ m

L , м	M_z^a	M_x^λ	x_0 , м	δ , град	z_1 , м
0,1	–130	–14,6	0,51	3,3	–0,68
0,2	–148	–15,2	0,68	20,4	–0,85
0,3	–165	–15,7	0,84	25,7	–0,97
0,4	–182	–16,2	1,03	28,3	–1,34
0,5	–200	–16,7	1,16	29,8	–1,58

Заключение

Приведенные в статье моментные уравнения равновесия траловой доски (1), условия их совместности (2) и (3), а также условия, вытекающие из геометрии доски (4–7) и устойчивости ее движения (10), составляют математическую модель, дающую возможность решать важнейшую задачу механики траловых досок: определять по-

ложения точек крепления ваера и лапок таким образом, чтобы доски, а значит и вся траловая система, двигались устойчиво при тралении на любых глубинах и при любых скоростях.

Изложена методика определения координат точек крепления ваера и лапок при любых способах крепления лапок к траловым доскам.

Использование приведенной математической модели и методики позволит выбирать при проектировании траловых досок способы крепления ваера и лапок так, чтобы доски двигались устойчиво на промысле, и на промысле избегать затрат времени на настройку траловых досок на оптимальные режимы работы.

Благодарности

Авторы выражают искреннюю признательность и благодарность рецензентам и главному редактору Известий ТИНРО Вячеславу Петровичу Шунтову за ценные и грамотные замечания, которые были учтены при подготовке настоящей рукописи к печати.

Финансирование работы

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Соблюдение этических стандартов

Настоящая статья не содержит каких-либо исследований с использованием животных в качестве объектов.

Авторы заявляют, что данный обзор литературы не содержит собственных экспериментальных данных, полученных с использованием животных или с участием людей. Библиографические ссылки на все использованные в обзоре данные других авторов оформлены в соответствии с ГОСТом.

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Список литературы

- Бронштейн И.Н., Семендяев К.А.** Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. — СПб. : Лань, 2010. — 608 с.
- Габрюк В.И.** Механика орудий рыболовства в математических моделях, алгоритмах, компьютерных программах : моногр. — Владивосток : Дальрыбвтуз, 2011. — 517 с.
- Габрюк В.И.** Проектирование и моделирование орудий океанического рыболовства : моногр. — Владивосток : Дальрыбвтуз, 2016. — 399 с.
- Габрюк В.И., Корниенко И.А.** Общая методика компьютерного моделирования траловых досок // Изв. ТИНРО. — 2016. — Т. 185. — С. 251–258.
- Карпенко В.П., Фридман А.Л.** Устройства раскрытия рыболовных тралов : моногр. — М. : Пищ. пром-сть, 1980. — 248 с.
- Корниенко И.А.** Методика определения гидродинамических характеристик траловых досок при помощи программного пакета SolidWorks Flow Simulation // Изв. ТИНРО. — 2016. — Т. 185. — С. 259–266.
- Розенштейн М.М., Недоступ А.А.** Механика орудий рыболовства : учеб. — М. : Моркнига, 2011. — 528 с.
- Рыкунов Э.М.** Исследование работы семи конструкций траловых досок при пелагическом тралении // Изв. ТИНРО. — 1972. — Т. 84. — С. 6–37.
- Reite K.-J.** Modeling and control of trawl systems : Doctoral thesis for the degree of doctor ingenieur. — Trondheim : NTNU, 2006. — 250 p.
- Stengel H., Fridman A.L.** Fishfanggeräte. — Berlin : Veb Verlag Technik, 1977. — 332 p.

References

Bronstein, I.N. and Semendyaev, K.A., *Spravochnik po matematike dlya inzhenerov i uchashchikhsya vtuzov* (A reference book in mathematics for engineers and students of technical colleges), St. Petersburg: Lan', 2010.

Gabryuk, V.I., *Mekhanika orudii rybolovstva v matematicheskikh modelyakh, algoritmakh, komp'yuternykh programmakh* (Mechanics of Fishing Gear in Mathematical Models, Algorithms, and Computer Programs), Vladivostok: Dal'rybvuz, 2011.

Gabryuk, V.I., *Proektirovanie i modelirovanie orudii okeanicheskogo rybolovstva* (Design and Simulation of Ocean Fishing Gear), Vladivostok: Dal'rybvuz, 2016.

Gabruk, V.I. and Kornienko, I.A., General method for computer modeling of trawl doors, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2016, vol. 185, pp. 251-258.

Karpenko, V.P. and Fridman, A.L., *Ustroystva raskrytiya rybolovnykh tralov* (Devices for disclosing fishing trawls), Moscow: Pishchevaya promyshlennost', 1980.

Kornienko, I.A., Method for determination of hydrodynamic parameters of trawl doors by means of software SolidWorks Flow Simulation, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2016, vol. 185, pp. 259-266.

Rosenstein, M.M. and Nedostup, A.A., *Mekhanika orudiy rybolovstva* (Mechanics of fishing tools), Moscow: Morkniga, 2011.

Rykunov, E.M., Studies on the trawl of the seven designs for pelagic trawling, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1972, vol. 84, pp. 6-37.

Reite, K.-J., Modeling and control of trawl systems, *Doctoral thesis for the degree of doctor ingenior*, Trondheim: NTNU, 2006.

Stengel, H. and Fridman, A.L., *Fishfanggeräte*, Berlin: Veb Verlag Technik, 1977.

Поступила в редакцию 4.10.2019 г.

После доработки 16.01.2020 г.

Принята к публикации 20.02.2020 г.