

ПРОМРЫБОЛОВСТВО**УДК 639.2.081.117.001.57****В.И. Габрюк, И.А. Корниенко***

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

**ОБЩАЯ МЕТОДИКА КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
ТРАЛОВЫХ ДОСОК**

Изложена методика аналитического определения характеристик траловых досок, позволяющая с помощью компьютерного моделирования определять положения точек крепления ваера и лапок, обеспечивающих устойчивую работу досок и всей траловой системы при тралении.

Ключевые слова: траловая доска, точки крепления ваера и лапок, устойчивость движения, аналитические методы, компьютерное моделирование.

Gabryuk V.I., Kornienko I.A. General method for computer modeling of trawl doors
// Izv. TINRO. — 2016. — Vol. 185. — P. 251–258.

Method for analytical determining of trawl doors parameters is presented that allows to define by computer modeling the position of warp and bridles fastening that provides stable functioning of the doors and the whole trawl system.

Key words: trawl door, warp, stability of motion, analytical method, computer modeling.

Введение

Траловые доски — важнейший элемент траловой рыболовной системы. Устойчивое движение трала на заданном горизонте и его уловистость зависят от устойчивого движения траловых досок, а оно обеспечивается выбором точек крепления ваера и лапок к доске. В настоящее время выбор этих точек осуществляется на промысле методом проб. Эта операция занимает до двух суток, что ведёт к потере промыслового времени и экономическим затратам.

Адекватные математические модели траловых досок (Габрюк, 1988, 1995; Reite, 2006) и компьютерная программа CM-SNTFS (Габрюк, Корниенко, 2014) позволяют перед промыслом оптимизировать выбор положения точек крепления ваера и лапок к траловым доскам и избавиться от ненужных затрат промыслового времени на их оптимальную настройку.

Материалы и методы

Объектом исследования служили траловые доски, обеспечивающие горизонтальное раскрытие тралов и устойчивое их движение на заданном горизонте. При моде-

* Габрюк Виктор Иванович, доктор технических наук, профессор, руководитель научной школы, e-mail: gabrukvi@rambler.ru; Корниенко Иван Анатольевич, аспирант, e-mail: kornienko.iv.an.89@gmail.com.

Gabruk Victor I., D.Sc., professor, head of research school, e-mail: gabrukvi@rambler.ru; Kornienko Ivan A., postgraduate student, e-mail: kornienko.iv.an.89@gmail.com.

лировании досок пользуются тремя системами координат: земной (гравитационной) $(x_g y_g z_g)$, досковой $(x_D y_D z_D)$ и поточной $(x_V y_V z_V)$ (рис. 1).

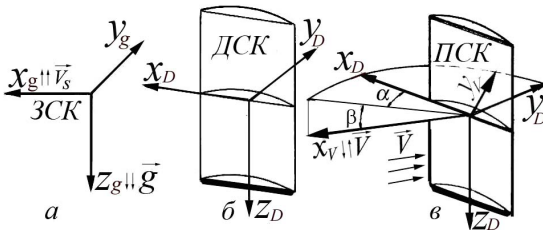


Рис. 1. Системы координат: а — земная (ЗСК); б — досковая (ДСК); в — поточная (ПСК)

Fig. 1. Coordinate systems: а — terrestrial; б — door-related; в — flow-related

Оси этих систем выбираются следующим образом: ось x_g направлена по скорости судна $\vec{V}_s$, т.е. $x_g \downarrow \vec{V}_s$; ось z_g — по ускорению свободного падения $\vec{g}$, т.е. $z_g \downarrow \vec{g}$; ось y_V лежит в плоскости стрингеров $(x_D y_D)$, т.е. $y_V \subset (x_D y_D)$; ось x_V направлена в обратную сторону скорости потока $\vec{V} = \vec{V}_{st} - \vec{V}_D$, т.е. $x_V \uparrow \vec{V}$. Здесь $\vec{V}_{st}$ — скорость течения; $\vec{V}_D$ — скорость доски.

Ориентация скорости потока $\vec{V}$ относительно доски определяется двумя углами: α и β (α — угол атаки, angle of attack; β — угол скольжения, angle of slip, рис. 1, в).

Положения точек крепления ваера и лапок необходимо выбирать так, чтобы угол атаки был меньше критического ($\alpha < \alpha_{kp}$), а поток был параллелен стрингерам, при этом $\beta = 0$. В этом случае не происходит срыва вихрей с задней кромки доски и со стрингеров, которые нарушают устойчивость движения доски (рис. 2).

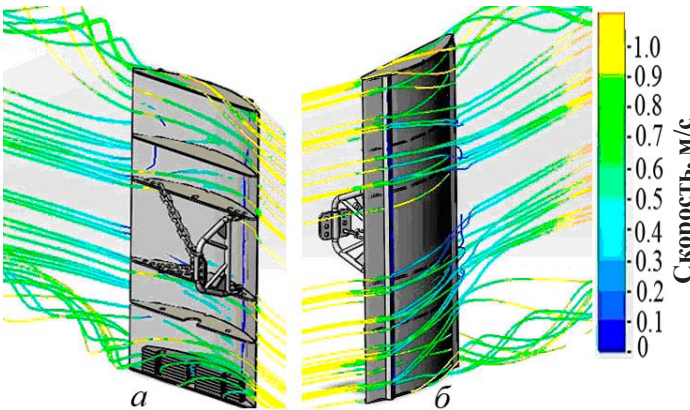


Рис. 2. Картина обтекания доски проекта 2490 на докритических углах атаки $\alpha < \alpha_{kp}$ при $\beta = 0$, полученная по программе Solid Works Flow Simulation: а — вид спереди; б — вид сзади

Fig. 2. Water flow around the trawl door of the project 2490 under attack angle $\alpha < \alpha_{kp}$ and $\beta = 0$ presented by Solid Works Flow Simulation software: а — frontal view; б — rear view

Координаты точки $O(x_0, y_0, z_0)$ крепления ваера и точек $E_1(x_1, y_1, z_1)$ и $E_2(x_2, y_2, z_2)$ крепления лапок к доске в досковой системе координат $x_D y_D z_D$ (рис. 3) определяются из моментных уравнений равновесия доски, геометрических условий и условий устойчивости равновесия.

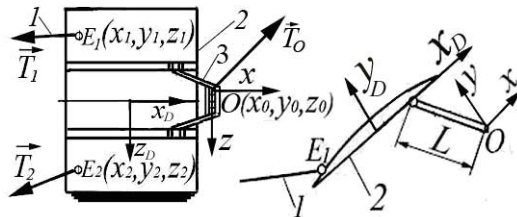


Рис. 3. Параметры доски: 1 — лапки; 2 — щиток; 3 — дуга

Fig. 3. Parameters of trawl door: 1 — bridles; 2 — screen; 3 — arc

Моментные уравнения равновесия доски. Для равновесия доски необходимо, чтобы сумма моментов всех действующих на доску сил относительно трёх некопланарных осей равнялась нулю:

$$\begin{aligned} \Sigma M_z(\vec{F}_k) &= 0 \Rightarrow a_2 x_0 - a_1 y_0 = b_1; \\ \Sigma M_y(\vec{F}_k) &= 0 \Rightarrow a_3 x_0 - a_1 z_0 = b_2; \\ \Sigma M_x(\vec{F}_k) &= 0 \Rightarrow a_3 y_0 - a_2 z_0 = b_3, \end{aligned} \quad (1)$$

где M_x, M_y, M_z — моменты силы относительно осей x, y, z ; $\vec{F}_k$ — сила, действующая на доску.

Моменты в системе (1) берутся относительно осей O_x , O_y , O_z , которые проходят через точку O крепления ваера к доске и параллельны осям x_D , y_D , z_D досковой системы координат (рис. 3).

Величины, входящие в выражение (1), определяются по формулам

$$\begin{aligned} a_i &= T_{1i} + T_{2i} + R_i + Q_i = -T_{0i}; \quad i = 1; 2; 3; \\ b_1 &= T_{12}x_1 - T_{11}y_1 + T_{22}x_2 - T_{21}y_2 + R_2x_D - R_1y_D + Q_2x_C - Q_1y_C; \\ b_2 &= T_{13}x_1 - T_{11}z_1 + T_{23}x_2 - T_{21}z_2 + R_3x_D - R_1z_D + Q_3x_C - Q_1z_C; \\ b_3 &= T_{13}y_1 - T_{12}z_1 + T_{23}y_2 - T_{22}z_2 + R_3y_D - R_2z_D + Q_3y_C - Q_2z_C; \\ T_{i1} &= T_i(\sin \alpha \sin \lambda \sin \theta_i \cos v_i - \cos \alpha \cos \theta_i \cos v_i - \sin \alpha \cos \lambda \sin v_i); \\ T_{i2} &= T_i(\cos \alpha \sin \lambda \sin \theta_i \cos v_i + \sin \alpha \cos \theta_i \cos v_i - \cos \alpha \cos \lambda \sin v_i); \\ T_{i3} &= T_i(\sin \lambda \sin v_i + \cos \lambda \sin \theta_i \cos v_i); \quad (i = 1; 2); \\ R_1 &= R_{XV} \cos \alpha + R_{YV} \sin \alpha, \quad R_2 = R_{YV} \cos \alpha - R_{XV} \sin \alpha; \\ Q_1 &= Q \sin \alpha \sin \lambda, \quad Q_2 = Q \cos \alpha \sin \lambda, \quad Q_3 = Q \cos \lambda. \end{aligned}$$

Здесь T_{0i} ; T_{1i} ; T_{2i} ; R_i ; Q_i ($i = 1; 2; 3$) — проекции натяжений ваера $\vec{T}_0$, верхней $\vec{T}_1$ и нижней $\vec{T}_2$ лапок, гидродинамической силы $\vec{R}$ и веса доски в воде Q на оси досковой системы координат; R_{XV} , R_{YV} , R_{ZV} — проекции силы $\vec{R}$ на оси поточной системы координат; x_D , y_D , z_D ; x_C , y_C , z_C — координаты центра давления D и центра масс доски C в системе координат $O_1x_1y_1z_1$; λ — угол крена доски.

Ранг матрицы из коэффициентов при неизвестных в системе (1) равен двум, поэтому только два из этих уравнений независимы, а третье является их линейной комбинацией. В системе (1) любые два уравнения независимы.

Согласно теореме Кронекера-Капелли система (1) будет совместной, если выполняется условие $a_1b_3 - a_2b_2 + a_3b_1 = 0$, раскрывая которое, получим

$$\begin{aligned} &x_1(a_2T_{13} - a_3T_{12}) + y_1(a_3T_{11} - a_1T_{13}) + z_1(a_1T_{12} - a_2T_{11}) + x_2(a_2T_{23} - a_3T_{22}) + \\ &+ y_2(a_3T_{21} - a_1T_{23}) + z_2(a_1T_{22} - a_2T_{21}) + x_D(a_2R_3 - a_3R_2) + y_D(a_3R_1 - a_1R_3) + \\ &+ z_D(a_1R_2 - a_2R_1) + x_C(a_2Q_3 - a_3Q_2) + y_C(a_3Q_1 - a_1Q_3) + z_C(a_1Q_2 - a_2Q_1) = 0. \end{aligned} \quad (2)$$

Уравнение (2) содержит координаты точек крепления верхней $E_1(x_1, y_1, z_1)$ и нижней $E_2(x_2, y_2, z_2)$ лапок к доске, поэтому их положения нельзя выбирать произвольно.

Геометрические условия. Трёх моментных уравнений равновесия доски (1) и одного условия их совместности (2) недостаточно для определения девяти координат точек крепления ваера и лапок к доске. Также должны выполняться геометрические условия, вытекающие из геометрии доски и конструктивных особенностей.

Отверстия для крепления верхней и нижней лапок, как правило, лежат на одной прямой, параллельной оси z_1 , поэтому выполняются соотношения

$$x_1 = x_2; \quad y_1 = y_2. \quad (3)$$

Таким образом, для определения шести координат точек крепления лапок E_1 и E_2 имеется только три уравнения (2) и (3), поэтому положением точки крепления одной из лапок необходимо задаваться. Обычно задаются координатами точки крепления нижней лапки (x_2, y_2, z_2) , а координаты точки крепления верхней лапки (x_1, y_1, z_1) определяют из уравнений (2) и (3).

Лапки крепятся к стрингерам 3, приваренным к щиткам (рис. 4), или непосредственно к щиткам (рис. 5).

Нахождение координат точки крепления ваера зависит от способа его крепления к доске. В мировой практике используются следующие способы крепления ваера к доске:

— **вертикальная дуга 1** (доски конструкции Э.М. Рыкунова (1972а, б) — см. рис. 4, а) или **вертикальная планка 2** (доски китайской фирмы Ocean Door — рис. 4, в);

— **вертикальная дуга 1 с вертикальной планкой 2** (доски проекта 2490 конструкции П.П. Аугулиса (Аугулис, Еремеев, 1985), рис. 5);

— **горизонтальная планка 1** (доски компании Baek Kyung) или **горизонтальная дуга 2** (доски компании Bada Fishing Systems) (рис. 6);

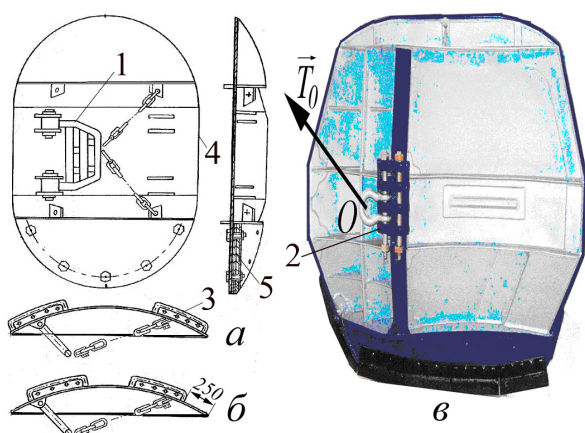


Рис. 4. Доски конструкции Э.М. Рыкунова (а — проект Рыкунова; б — модернизация по программе CM-SNTFS) и фирмы Ocean Door (в): 1 — вертикальная дуга; 2 — вертикальная планка; 3 — стрингер для крепления лапок; 4 — щиток; 5 — киль

Fig. 4. Trawl doors designed by E.M. Rykunov (а — original Rykunov trawl board; б — modernized Rykunov trawl board) and made by Ocean Door company (в): 1 — vertical arc; 2 — vertical plank; 3 — stringer for bridles fastening; 4 — screen; 5 — keel

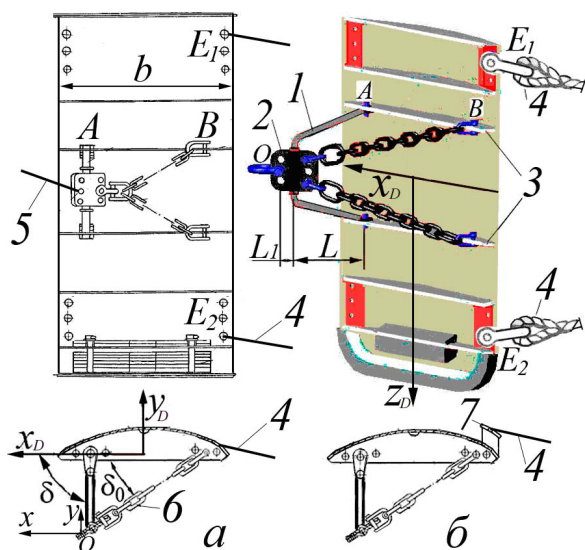


Рис. 5. Доска проекта 2490 конструкции П.П. Аугулиса (а — проект 2490; б — модернизация согласно моделированию по программе CM-SNTFS): 1 — дуга; 2 — планка для крепления ваера; 3 — стрингеры; 4 — лапки; 5 — ваер; 6 — цепь; 7 — дополнительная планка для крепления лапок

Fig. 5. Trawl door of the project 2490 designed by P.P. Augulis (а — original project 2490; б — modernized project 2490): 1 — arc; 2 — plank for warp fastening; 3 — stringers; 4 — bridles; 5 — warp; 6 — chain; 7 — additional plank for bridles fastening

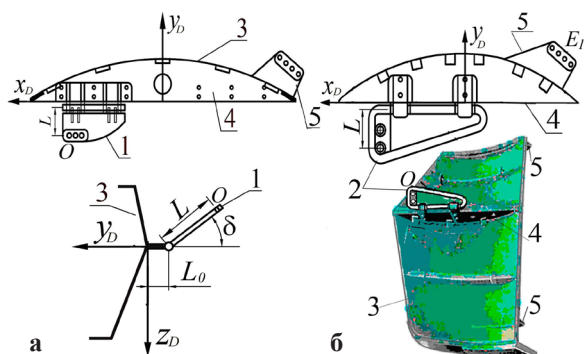


Рис. 6. Доски компаний Baek Kyung (а) и Bada Fishing Systems (б): 1 — горизонтальная планка; 2 — дуга; 3 — щиток; 4 — стрингер для крепления планки или дуги; 5 — стрингеры для крепления лапок

Fig. 6. Trawl doors made by Baek Kyung (а) and Bada Fishing Systems (б): 1 — horizontal plank; 2 — arc; 3 — screen; 4 — stringer for fastening of the plank or arc; 5 — stringers for bridles fastening

— **вертикальная планка 1**, приваренная к стрингерам 2 (доски конструкции В.А. Кузика, ОАО НБАМР, рис. 7);

— **крепление ваера непосредственно к стрингеру 1** (доски конструкции Бабенко, ПЭБ, рис. 8).

При использовании дуги 1 с планкой 2 для крепления ваера к доске (см. рис. 5) выполняются соотношения

$$x_0 = x_A + L \cos \delta + L_1 \cos \delta_0; \quad y_0 = y_A + L \sin \delta + L_1 \sin \delta_0, \quad (4)$$

где x_A, y_A — координаты точки А крепления дуги к доске; L — длина дуги; L_1 — длина планки; δ, δ_0 — углы между дугой, планкой и плоскостью доски.

Рис. 7. Доска конструкции В.А. Кузика: 1 — вертикальная планка с отверстиями для крепления ваера; 2 — стрингеры для крепления планки

Fig. 7. Trawl door designed by V.A. Kuzik: 1 — vertical plank with holes for warp fastening; 2 — stringers for the plank fastening

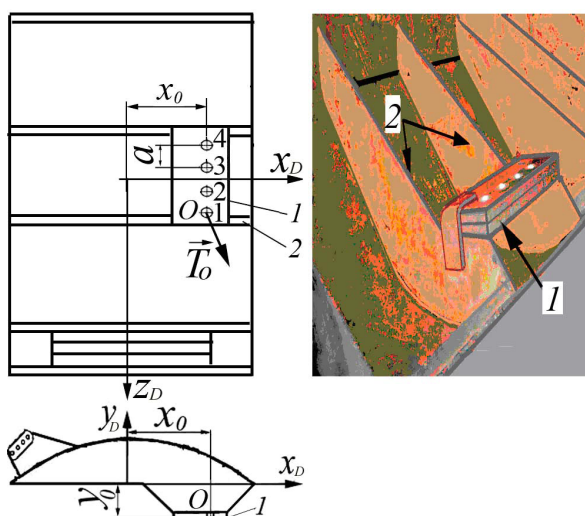
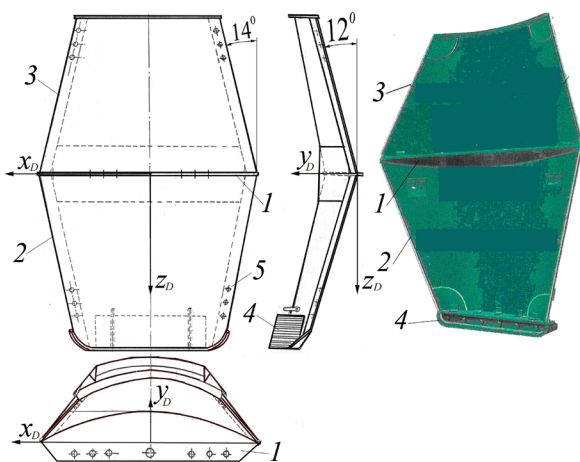


Рис. 8. V-образная траловая доска конструкции Бабенко со щитками в форме усеченных круговых конусов: 1 — стрингер с отверстиями для крепления ваера; 2 — нижний щиток; 3 — верхний щиток; 4 — киль; 5 — отверстия для крепления лапок

Fig. 8. V-shaped trawl door designed by Babenko with conical screens: 1 — stringer with holes for warp fastening; 2 — lower screen; 3 — upper screen; 4 — keel; 5 — holes for bridles fastening



Подставляя формулу (4) в первое уравнение системы (1), получим уравнение для определения угла δ между дугой и плоскостью доски:

$$a_2(x_A + L \cos \delta + L_1 \cos \delta_0) - a_1(y_A + L \sin \delta + L_1 \sin \delta_0) = b_1. \quad (5)$$

Найдя δ из выражения (5), по формулам (4) определяем абсциссу x_0 и ординату y_0 точки O крепления ваера к доске, а из второго уравнения системы (1) находим ее аппликату z_0 :

$$z_0 = (a_3 x_0 - b_2)/a_1. \quad (6)$$

При использовании горизонтальной планки 1 или дуги 2 для крепления ваера к доске (рис. 6) выполняются геометрические соотношения:

$$y_0 = -(L_0 + L \cos \delta); \quad z_0 = -L \sin \delta. \quad (7)$$

Подставляя формулу (7) в третье уравнение системы (1), получим уравнение для определения угла δ между планкой 1 или дугой 2 и стрингером 4:

$$a_2 L \sin \delta - a_3 (L_0 + L \cos \delta) = b_3. \quad (8)$$

Найдя угол δ из уравнения (8), по формулам (7) определяем координаты y_0 и z_0 точки крепления ваера к доске, затем из первого уравнения системы (1) находим её абсциссу x_0 :

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

При использовании вертикальной планки 1, приваренной к стрингерам 2 (рис. 7), выполняются соотношения

$$x_0 = x_0^{(i)}; y_0 = y_0^{(i)}; z_0 = z_0^{(1)} - a(i-1), \quad i = 1; 2; 3; 4. \quad (10)$$

Здесь $x_0^{(i)}, y_0^{(i)}, z_0^{(i)}$ — координаты i -го отверстия для крепления ваера; $i = 1; 2; 3; 4$ — номера отверстий; a — расстояния между отверстиями.

Задавшись x_0 , из первого и второго уравнений системы (1) определяем y_0 и z_0 :

$$y_0 = (a_2 x_0 - b_1)/a_1; z_0 = (a_3 x_0 - b_2)/a_1. \quad (11)$$

Таким образом, при моделировании траловых досок на первом этапе, используя уравнения (2) и (3), определяют положение точек крепления лапок, а затем, используя уравнения (4–11), находят положение точки крепления ваера при различных способах его крепления к доске.

Условия устойчивости равновесия траловых досок. Успешный траловый промысел возможен только при устойчивом движении траловых досок на заданном горизонте. Условия плавного обтекания траловых досок $\alpha < \alpha_{kp}$ и $\beta = 0$ являются необходимыми, но недостаточными условиями их устойчивого равновесия.

Может оказаться, что найденные из выражений (1–11) координаты точек крепления ваера и лапок не обеспечивают устойчивого движения доски, т.е. доска после случайного её выведения из равновесия не возвращается в рабочее равновесное положение.

Аналитически устойчивого движения досок добиваются выполнением условий устойчивости доски по углу крена λ (поперечная устойчивость) и углу атаки α (продольная устойчивость), имеющих вид

$$\partial M_{x_D} / \partial \lambda < 0; \quad \partial M_{z_D} / \partial \alpha < 0, \quad (12)$$

где ∂ — частная производная от главных моментов всех сил, действующих на доску по переменным x и y ; M_{x_D}, M_{z_D} — главные моменты всех действующих на доску сил относительно осей x_D и z_D .

Определив из уравнений (1–11) координаты точек крепления ваера и лапок, проверяют выполнение условий (12). Если эти условия не выполняются, то, варьируя некоторыми параметрами доски, добиваются их выполнения.

Так, используя соотношения (12), выполнили проверку на устойчивость доски проекта 2490 (см. рис. 5). Моделирование показало, что доска обладает большим запасом устойчивости по углу атаки α , но не обладает запасом устойчивости по углу крена λ . Это значит, что при тралении угол крена изменяется, т.е. доска совершает колебания относительно продольной оси x_D , что подтверждается наблюдениями Е.Г. Норина (устное сообщение) из подводного аппарата. При этом изменяется горизонт хода трала, что недопустимо на промысле.

Лапки у доски проекта 2490 крепятся непосредственно в отверстия, выполненные в щитке (точки E_1, E_2 , рис. 5). При этом ординаты этих точек равны $y_1 = y_2 = 0,017b$ (b — хорда доски). Компьютерное моделирование по программе CM-SNTFS показало, что если увеличить ординаты точек крепления лапок до $y_1 = y_2 = 0,1b$ путём использования дополнительной планки 7 (рис. 5, б), то это обеспечит продольную и поперечную устойчивость доски.

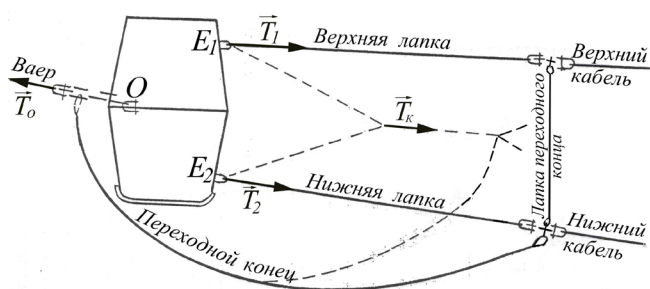
Доски конструкции Э.М. Рыкунова (см. рис. 4, а) на промысле работали неустойчиво. Моделированием установлено, что если стрингеры для крепления лапок 3 сместить на 250 мм от кормовой кромки (рис. 4, б), то доски будут работать устойчиво. Стрингеры были срезаны и сдвинуты на 250 мм к центру досок, что обеспечило их устойчивую работу во время тралений.

Результаты и их обсуждение

Представленная математическая модель (1–12) является универсальной, так как позволяет выполнять моделирование любых траловых досок, используемых в мировом рыболовстве, с различными способами крепления ваера и лапок к доске как при треугольной, так и при раздельной схеме лапок (рис. 9).

Рис. 9. Раздельная (сплошные линии) и треугольная (штриховые линии) схемы лапок доски

Fig. 9. Separate (solid lines) and triangular (dotted lines) schemes of trawl door bridles



Эта модель адекватна, так как модернизация траловых досок конструкций Э.М. Рыкунова и П.П. Аугулиса, выполненная на её основе, обеспечила их устойчивую работу на промысле в ОАО НБАМР.

Моделирование траловых досок и траловой системы с помощью программы CM-SNTFS, разработанной на базе математической модели (1–12), позволяет сделать следующие рекомендации.

- Высоту дуги L для крепления ваера (доски проекта 2490, см. рис. 5) необходимо выбирать в пределах $L = (0,15–0,20)b$. В проекте 2490 она составляет $L = (0,25–0,35)b$. Угол δ между дугой и доской должен находиться в пределах $\delta = 50–70^\circ$. Для обеспечения устойчивости этих досок по крену координаты точек крепления лапок необходимо брать в пределах $x_1 = x_2 = 0,47b$; $y_1 = y_2 = (0,07–0,10)b$. Здесь b — хорда доски.

- Ширина горизонтальной планки и дуги для крепления ваера (доски компаний Baek Kyung и Bada Fishing Systems, см. рис. 6) должна лежать в пределах $L = (0,10–0,15)b$, а абсцисса точки крепления ваера $x_0 = (0,30 \div 0,35)b$.

- При креплении ваера к вертикальной планке (доски проекта В.А. Кузика, рис. 7) или стрингеру (доски проекта Бабенко, рис. 8) точку крепления ваера надо выбирать ближе к носу и плоскости доски, при этом $x_0 = (0,35 \div 0,45)b$, $y_0 = -(0 \div 0,07)b$.

При проектировании траловых досок и их настройке с учётом указанных выше рекомендаций доски при тралении будут работать устойчиво, обеспечивая устойчивое движение траловой системы на разных глубинах.

Исследованию траловых досок посвящена работа В.А. Пелешенко (2015). Отметим следующие её недостатки. При исследовании работы доски используется только одно моментное уравнение равновесия $\Sigma M_z = 0$, причем оно составлено для частного случая, когда доска работает на ровном киле, а угол крена $\lambda = 0$. В уравнении не учитывается момент веса доски в воде $\bar{Q}$, равный $M_z(Q) = Q \sin \lambda [(x_c - x_0) \cos \alpha - (y_c - y_0) \sin \alpha]$.

На промысле доски, как правило, работают с креном $\lambda \in (-20^\circ \div 20^\circ)$, поэтому нельзя пренебрегать моментом этой силы.

Кроме того, натяжения верхней и нижней лапок заменяются равнодействующей $\bar{T}_K$. Это возможно только при треугольной схеме лапок. На промысле широко используется раздельная схема лапок. При этом верхняя и нижняя лапки перекрещиваются и их натяжения не имеют равнодействующей, а значит предложенное моментное уравнение равновесия доски в этом случае лишено смысла.

На практике нас не интересует угол атаки доски, нахождению которого посвящена работа В.А. Пелешенко (2015). Главным является вопрос — куда крепить ваер ([точка $O(x_0, y_0, z_0)$] и лапки [точки $E_1(x_1, y_1, z_1)$, $E_2(x_2, y_2, z_2)$], чтобы распорные доски, а значит и траловая система, работали устойчиво при оптимальных углах атаки. Найденный в рассматриваемой статье угол атаки доски $\alpha = 15,2^\circ$ не оптимален. Оптимальным для прямоугольных цилиндрических досок будет угол $\alpha = 20^\circ$.

Кроме того, определяя главные моменты всех сил относительно оси z_2 на углах атаки доски 14 и 18° , автор допускает грубую ошибку, беря в обоих случаях значения гидродинамических сил одинаковыми, найденными для угла атаки 20° , т.е.

$$R_x(\alpha = 14^\circ) = R_x(\alpha = 18^\circ) = R_x(\alpha = 20^\circ) = 34899H,$$

$$R_y(\alpha = 14^\circ) = R_y(\alpha = 18^\circ) = R_y(\alpha = 20^\circ) = 10280H.$$

Гидродинамическое сопротивление трала R_x^T зависит от его горизонтального раскрытия, которое определяется углом атаки доски α , т.е. сопротивление трала зависит от угла атаки доски $R_x^T(\alpha)$. Таким образом, натяжение одинарного кабеля, равное

$$T_K = R_x^T(\alpha) / (2 \cos \nu \cos \theta),$$

будет разным на разных углах атаки доски, что также не учитывается В.А. Пелишенко (2015), так как принимается

$$T_K(\alpha = 14^\circ) = T_K(\alpha = 18^\circ) = T_K(\alpha = 20^\circ) = 57,5 \text{ кН}.$$

Это означает, что решение уравнения $\Sigma M_z = 0$ в статье некорректно и что найденный угол атаки доски $\alpha = 15,2^\circ$ не соответствует действительности.

Таким образом, методика В.А. Пелешенко, основанная на исследовании работы досок только при помощи одного моментного уравнения, не может быть положена в основу моделирования траловых досок и тем более траловых рыболовных систем. Для моделирования траловых досок надо использовать полную систему уравнений, состоящую из трёх моментных уравнений равновесия доски (1) и условия их совместности (2), геометрических условий (3, 4, 7, 10) и двух условий устойчивости равновесия (12). Утверждение автора, что предложенная им *новая методика позволяет производить математико-алгоритмическое моделирование и расчёт траловой системы с помощью современных средств автоматизированного вычисления* не может быть признано корректным.

Заключение

Изложенная общая методика моделирования траловых досок (математические модели и алгоритмы и компьютерные программы) позволяет выполнять компьютерное моделирование любых траловых досок, используемых в мировом рыболовстве.

Список литературы

- Аугулис П.П., Еремеев Ю.А. Новые конструкции траловых крыловидных досок // Рыб. хоз-во. — 1985. — № 6. — С. 56–57.
- Габрюк В.И. Компьютерные технологии в промышленном рыболовстве : моногр. — М. : Колос, 1995. — 544 с.
- Габрюк В.И. Параметры разноглубинных тралов : моногр. — М. : Агропромиздат, 1988. — 212 с.
- Габрюк В.И., Корниенко И.А. Компьютерное моделирование симметричных и несимметричных траловых рыболовных систем «СМ-SNTFS» : Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2014617350. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 17 июля 2014 г.
- Пелешенко В.А. Метод автоматизированного расчёта балансировочного угла атаки распорных досок разноглубинного трала // Рыб. хоз-во. — 2015. — № 5. — С. 90–92.
- Рыкунов Э.М. Технология изготовления круглых сферических досок // Рыб. хоз-во. — 1972а. — № 10. — С. 52–54.
- Рыкунов Э.М. Исследование работы семи конструкций траловых досок при пелагическом тралении // Изв. ТИНРО. — 1972б. — Т. 84. — С. 6–37.
- Reite K.-J. Modeling and control of trawl systems : doctoral thesis for the degree of doctor ingeniør. — Trondheim : NTNU, 2006. — 250 p.

Поступила в редакцию 11.03.16 г.