

ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО

УДК 639.2.081.001

**АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ЦЕНТРА МАСС
ЩИТКОВ ТРАЛОВЫХ ДОСОК В ФОРМЕ УСЕЧЕННЫХ КРУГОВЫХ
КОНУСОВ**

© 2014 г. В. И. Габрюк, И. А. Корниенко, В. В. Кудакеев

*Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
Владивосток, 690087
E-mail: gabrukvi@rambler.ru*

Поступила в редакцию 27.12.2013 г.

Изложены аналитические методы определения положения центра масс V-образных траловых досок с щитками в форме сегментов круговых конусов, что позволило пополнить базу данных программы CM-STFS (Computer Modeling Symmetrical Trawl Fishery System) и выполнять с ее помощью оптимизацию работы тралов с этим типом досок.

Ключевые слова: центр масс, V-образная траловая доска, сегмент кругового конуса, аналитические методы.

ВВЕДЕНИЕ

Траловые доски служат для горизонтального раскрытия тралов. От них зависит устойчивость работы всей траловой системы. В мире используется множество типов траловых досок. В последнее время на траловом промысле широко применяют V-образные доски с щитками в форме сегментов круговых цилиндров или конусов.

Для расчета траловых досок — определения координат точек крепления ваера и лапок к доске и исследования устойчивости движения — необходимо знать положения их центра масс. Аналитическое определение положения центра масс прямоугольных цилиндрических, круглых сферических и овальных цилиндрических траловых досок изложено ранее (Фридман 1969; Stengel, Fridman, 1977; Габрюк, 1995; Габрюк, Кулагин, 2000; Розенштейн, Недоступ, 2011). В нашей работе изложены методы аналитического определения положения центра масс V-образных досок с щитками в форме сегментов круговых конусов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В Центре компьютерных технологий в рыболовстве и образовании Дальрыбвтуза разработана программа настройки траловых систем на оптимальные режимы работы программы CM-TFS (Computer Modeling Trawl Fishing System) (Габрюк В., Габрюк А., 2001). База данных этой программы содержит характеристики прямоугольных цилиндрических, круглых сферических и овальных цилиндрических траловых досок.

Задача исследования — аналитическое определение положения центра масс V-образных досок и пополнение базы данных программы CM-TFS характеристиками этих досок. Цель исследований — промысловая настройка вооруженных V-образными досками тралов на оптимальные режимы работы с помощью программы CM-TFS.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Координаты центра масс траловой доски определяются по формуле:

$$x_c^D = \sum x_{ci} M_i / \sum M_i, \quad (x, y, z), \quad (1)$$

где $M_i, x_{ci}, y_{ci}, z_{ci}$ — масса i -той детали и координаты ее центра масс.

На рис.1 изображен состав доски.

Наиболее сложными и ответственными деталями доски являются щитки, которые создают гидродинамические силы, обеспечивающие горизонтальное раскрытие трала. Рассмотрим определение положения центра масс щитков в форме сегментов круговых конусов (рис. 2).

Между параметрами кругового конуса (κ) и его сегмента (ск) существуют следующие связи:

$$\operatorname{tg} \alpha = (1 - \cos \delta \cos \alpha_1) / (\cos \delta \sin \alpha_1); \quad (2)$$

$$\sin \gamma = \sin \delta / \sin \alpha; \quad (3)$$

$$R_1 = b_1 / 2 \sin \gamma; \quad R_2 = b_2 / 2 \sin \gamma; \quad (4)$$

$$L_1 = R_1 / \sin \alpha; \quad L_2 = R_2 / \sin \alpha, \quad (5)$$

где α — угол между осью конуса и его образующей;

α_1 — угол между образующей конуса и секущей плоскостью, проходящей через его вершину;

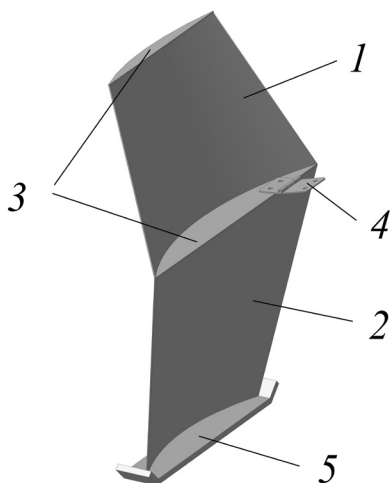


Рис. 1. V-образная траловая доска:

1, 2 — верхний и нижний щитки;

3 — стрингеры, 4 — планки для крепления ваера; 5 — киль.

2δ — угол между боковыми кромками сегмента конуса;

2γ — центральный угол, охватывающий хорду щитка;

R_1, R_2 — радиусы окружностей верхнего и нижнего сечений конуса плоскостями, перпендикулярными его оси;

L_1, L_2 — длины образующих конуса до секущих плоскостей.

На рис. 3 показаны развертки конуса и его сегмента.

Площади развертки конуса и его сегмента определяются по формулам:

$$S_\kappa = \vartheta_\kappa L_2^2, \quad S_{\text{ск}} = \vartheta_{\text{ск}} (L_2^2 - L_1^2), \quad (6)$$

где $2\vartheta_\kappa, 2\vartheta_{\text{ск}}$ — углы между боковыми кромками развертки конуса и развертки его сегмента:

$$\vartheta_\kappa = \pi \sin \alpha; \quad \vartheta_{\text{ск}} = \gamma \sin \alpha. \quad (7)$$

На рис. 4 показан сегмент кругового конуса, полученный тремя секущими плоскостями, две из которых перпендикулярны его оси, а третья проходит через вершину конуса под углом α_1 к образующей.

Площадь сегмента конуса равна:

$$S_{\text{ск}} = \vartheta_{\text{ск}} (L_2^2 - L_1^2) = \gamma \sin \alpha (L_2^2 - L_1^2). \quad (8)$$

Координаты центра масс (С) сегмента конуса определяются по формулам:

$$\int_{L_1}^{L_2} y_C \cdot dS = y_C^{\text{ск}} \cdot S_{\text{ск}}, \quad \int_{L_1}^{L_2} z_C \cdot dS = z_C^{\text{ск}} \cdot S_{\text{ск}},$$

где

$$y_C = R \sin \gamma / \gamma = l \sin \alpha \sin \gamma / \gamma,$$

$$z_C = l \cos \alpha, \quad dS = 2\gamma \cdot l \sin \alpha \cdot dl.$$

Выполняя интегрирование, получим формулы для определения координат центра масс сегмента конуса:

$$y_C^{\text{ск}} = \frac{2 \sin \alpha \sin \gamma (L_2^3 - L_1^3)}{3\gamma (L_2^2 - L_1^2)},$$

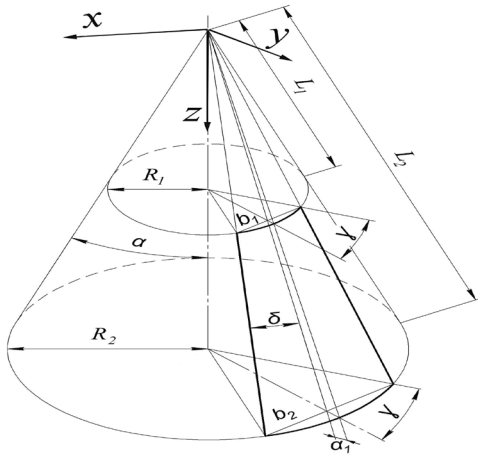


Рис. 2. Параметры кругового конуса и его сегмента (см. в тексте).

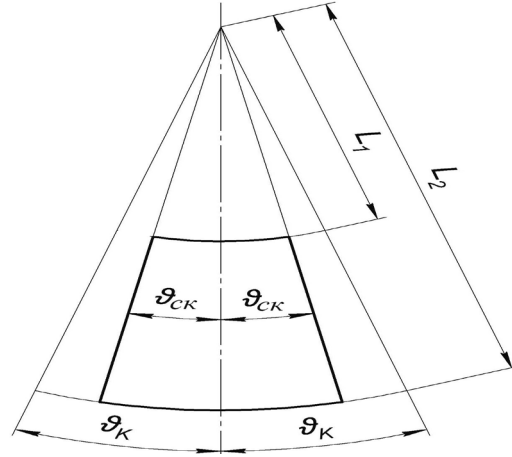


Рис. 3. Развертки кругового конуса и его сегмента.

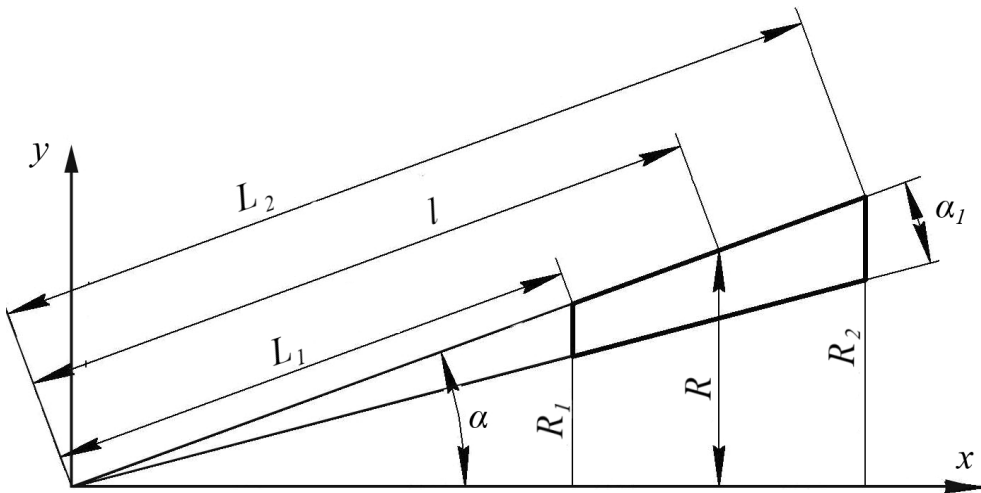


Рис. 4. Параметры сегмента кругового конуса.

$$z_C^{CK} = \frac{2 \cos \alpha (L_2^3 - L_1^3)}{3(L_2^2 - L_1^2)}. \quad (9)$$

У верхнего щитка доски секущие плоскости образуют угол β с основанием конуса и отсекают у сегмента снизу часть 2, а сверху добавляют часть 1, показанные на рис. 5.

Площадь отсеченной снизу части щитка (оч) будет:

$$S_2^{оч} = \int_{L_4}^{L_2} l \sin \alpha \cdot 2\gamma_T \cdot dl. \quad (10)$$

Координаты центра масс отсеченной снизу части щитка таковы:

$$y_{C2}^{оч} = (2 \sin^2 \alpha \int_{L_4}^{L_2} l^2 \sin \gamma_T \cdot dl) / S_2^{оч},$$

$$z_{C2}^{оч} = (\sin 2\alpha \int_{L_4}^{L_2} l^2 \gamma_T \cdot dl) / S_2^{оч}, \quad (11)$$

где $2\gamma_T$ – центральный угол в текущем сечении с координатой l :

$$\gamma_T = \arccos[1 - \frac{(l - L_4) \cos(\alpha - \beta)}{l \sin \alpha \sin \beta}],$$

$$L_2 = R_2 / \sin \alpha,$$

$$L_4 = L_2 - R_2 \sin \beta (1 - \cos \gamma) / \cos(\alpha - \beta).$$

Координаты центра масс добавленной сверху части щитка (дч) таковы:

$$y_{C1}^{\partial q} = (2 \sin^2 \alpha \int_{L_3}^{L_1} l^2 \sin \gamma_T \cdot dl) / S_1^{\partial q},$$

$$z_{C1}^{\partial q} = (\sin 2\alpha \int_{L_3}^{L_1} l^2 \gamma_T \cdot dl) / S_1^{\partial q}, \quad (12)$$

$$\gamma_T = \arccos[1 - \frac{(l - L_3) \cos(\alpha - \beta)}{l \sin \alpha \sin \beta}],$$

$$S_1^{\partial q} = \int_{L_3}^{L_1} l \sin \alpha \cdot 2\gamma_T \cdot dl$$

$$L_1 = R_1 / \sin \alpha,$$

$$L_3 = L_1 - R_1 \sin \beta (1 - \cos \gamma) / \cos(\alpha - \beta).$$

Координаты центра масс верхнего (в) и нижнего (н) щитков (щ) траловой доски будут

$$y_C^{\partial q} = (y_C^{ck6} S_C^6 + y_{C1}^{\partial q6} S_1^{\partial q6} - y_{C2}^{\partial q6} S_2^{\partial q6}) /$$

$$/(S_{ck}^6 + S_1^{\partial q6} - S_2^{\partial q6}), \quad (y, z), \quad (13)$$

$$y_C^{\partial q} = (y_C^{ckh} S_C^h + y_{C1}^{\partial qh} S_1^{\partial qh} - y_{C2}^{\partial qh} S_2^{\partial qh}) /$$

$$/(S_{ck}^h + S_1^{\partial qh} - S_2^{\partial qh}), \quad (y, z),$$

где (y, z) — символ круговой перестановки, т.е. если вместо «y» подставить «z», то получим аналогичные формулы для $Z_C^{\partial q}$ и $Z_C^{\partial q}$.

Выше определены координаты центра масс щитков в системах координат Ay_1z_1 и By_2z_2 с началами координат в вершинах конусов A и B , оси z_1 и z_2 которых направлены по осям конусов (рис. 6). Необходимо определить координаты их центра масс в досковой системе Oy_Dz_D .

Координаты центра масс верхнего щитка (вщ) доски в системе Oy_Dz_D :

$$y_{C1}^D = y_A + y_C^{\partial q} \cos \beta - z_C^{\partial q} \sin \beta,$$

$$z_{C1}^D = z_A + y_C \sin \beta + z_C \cos \beta, \quad (14)$$

где y_A, z_A — координаты точки A в системе Oy_Dz_D :

$$y_A = R_2 (1 - \cos \gamma) / \cos \beta + L_4^6 \sin \beta,$$

$$z_A = -L_4^6 \cos \beta. \quad (15)$$

Координаты центра масс нижнего щитка (нщ) доски в системе Oy_Dz_D :

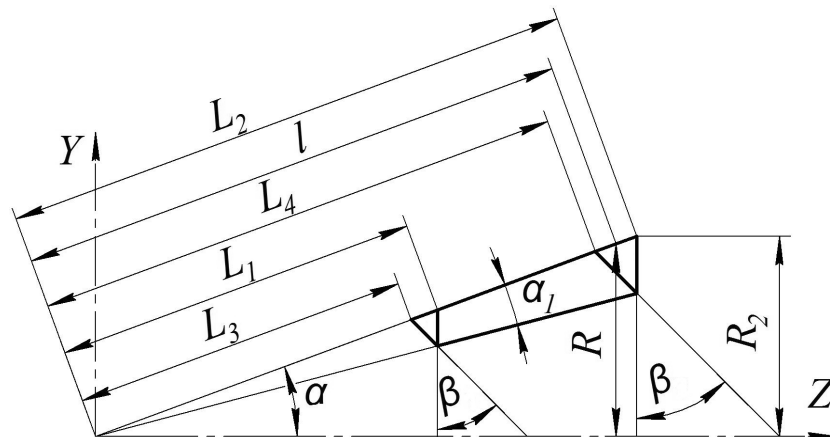


Рис. 5. Параметры отсеченных частей 1 и 2 сегмента конуса.

$$\begin{aligned} y_{C2}^D &= y_B + y_C^{ниж} \cos \beta - z_C^{ниж} \sin \beta, \\ z_{C2}^D &= z_B - y_C^{ниж} \sin \beta - z_C^{ниж} \cos \beta, \end{aligned} \quad (16)$$

где y_B, z_B — координаты точки B в системе Oy_Dz_D :

$$\begin{aligned} y_B &= R_2(1 - \cos \gamma) / \cos \beta + L_4^H \sin \beta, \\ z_B &= L_4^H \cos \beta. \end{aligned} \quad (17)$$

Здесь L_4^6, L_4^H — длины образующих конусов верхнего и нижнего щитков доски (см. рис. 6).

Координаты центра масс доски в системе $Ox_Dy_Dz_D$ определяются по формулам:

$$\begin{aligned} y_C^D &= (y_{C1}^D M_{виц} + y_{C2}^D M_{ниж} + y_{C3}^D M_{ст} + \\ &+ y_{C4}^D M_{пл} + y_{C5}^D M_{кл}) / M_D, \quad (x, y, z), \end{aligned} \quad (18)$$

где $y_{C1}^D, y_{C2}^D, y_{C3}^D, y_{C4}^D, y_{C5}^D$ — координаты центра масс верхнего 1 и нижнего 2 щитков, стрингеров (ст), пластины (пл) для крепления ваера, кия (кл) в системе Oy_Dz_D ; M_D — масса доски.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе приведены формулы, позволяющие аналитически определять положение центра масс V-образных конических досок и с использованием компьютерной программы CM-TFS осуществлять настройку траловых систем с этими досками на оптимальные режимы работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Габрюк В.И. Компьютерные технологии в промышленном рыболовстве. М.: Колос, 1995. 541 с.
Габрюк В.И., Кулагин В.Д. Меха-

ника орудий рыболовства и АРМ промысловика. М.: Колос, 2000. 416 с.

Габрюк В.И., Габрюк А.В. Компьютерное моделирование симметричных траловых рыболовных систем (CM-STFS): А.с. № 2001611050 РФ. М.: Роспатент, 2001.

Розенштейн М.М., Недоступ А.А. Механика орудий рыболовства. М.: Моркнига, 2011. 528 с.

Фридман А.Л. Теория и проектирование орудий промышленного рыболовства. М.: Пищ. пром-сть, 1969. 568 с.

Stengel H., Fridman A.L. Fishfanggeräte. Berlin: Verlag Technik, 1977. 332 S.

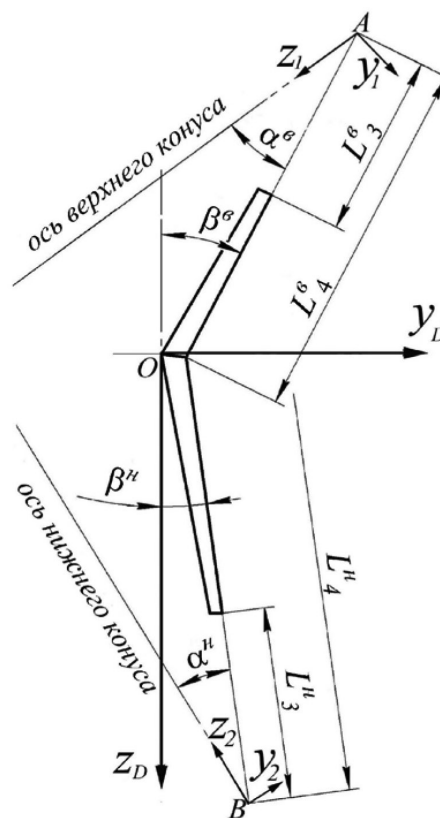


Рис. 6. Декартова система координат, в которой определяется положение центра масс V-образной конической траловой доски.

**ANALYTICAL DETERMINATION OF THE CENTRE MASSES POSITION
V-FIGURATIVE OF THE TRAWL DOORS**

© 2014 г. V. I. Gabriuk, I. A. Kornienko, V. V. Kudakaev

Far Eastern State Technical Fisheries University (Dalrybtuz), Vladivostok

The analytical methods of the determination of the position of the center of the masses V-figurative trawl doors with screens in the form segment circular cone are stated, allowing by means of program CM-STFS to optimize functioning trawling fishing systems with this type of the screens.

Keywords: center of the masses, V-figurative, trawl door, segment of circular cone, analytical methods.