

УДК 639.2.081

Расчёт формы устья трала с гексагональной ячейей

Д.В. Савотин

Керченский государственный морской технологический университет, кафедра промышленного рыболовства (ФГБОУ «КГМТУ», г. Керчь)
e-mail: scheffield@yandex.ru

Предлагается способ расчёта усилий, возникающих в канатно-сетной оболочке разноглубинного трала с ромбовидными ячейями. В отличие от известных математических моделей раскрытия тралов, где в качестве исходных данных для расчёта принимаются лишь габаритные размеры передней части и канатной оснастки, в работе представлена расчётная схема, учитывающая канатную структуру передней части трала. В статье рассмотрены особенности приложения внешних сил и возникающих реакций в шестиугольных ячейях гужевого пояса на примере трала 98/640 м. Принят в расчёт факт, что в сетной оболочке трала напряжения канатов создают усилия, закрывающие ячейи, образованные канатами передней части трала, и, соответственно, уменьшающие диаметр сечения оболочки. Эти усилия рассчитаны по периметру гужевого пояса и внесены в трёхмерную стержневую модель трала. По результатам расчёта показано улучшение отображения формы передней части соответственно подводным наблюдениям за тралами.

Ключевые слова: устье трала, канатные связи, расчётная схема.

ВВЕДЕНИЕ

При проектировании тралов возникает вопрос определения его рабочего раскрытия и формы оболочки при буксировке в воде. Известны расчётные схемы и математические модели А.В. Дверника и Г.Н. Долина [1975], В.И. Габрюка [1988], М.М. Розенштейна [2000], В.П. Карпенко [1996], описывающие переднюю часть трала. Из них лишь в моделях В.П. Карпенко реализовано условие взаимосвязанности вертикального и горизонтального раскрытий устья трала. Однако, в этих моделях принимаются в расчёт лишь габаритные размеры передней части и канатной оснастки. Структура канатных связей, образующих оболочку трала в них не учитывается.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В конструкции некоторых тралов в передней части, с целью улучшения условий раскрытия устья, используется шестиугольная ячейя [Пособие по промыслу..., 1987]. В целом расчёт формы трала не будет отличаться от такового для тралов с ромбовидной ячейей. Рассмотрим особенности приложения внешних сил и возникающих реакций в шестиугольных ячейях гужевого пояса на примере трала 98/640 м (рис. 1).

При схематизации трала прямолинейными стержнями необходимо учитывать тот факт, что трал образован сетной оболочкой, в которой поверхностные напряжения, вызванные натяжением нитей, создают сжимающее уси-

Трал разноглубинный канатный 98/640 м (пр. Н10 - ИФТ - 52.000)

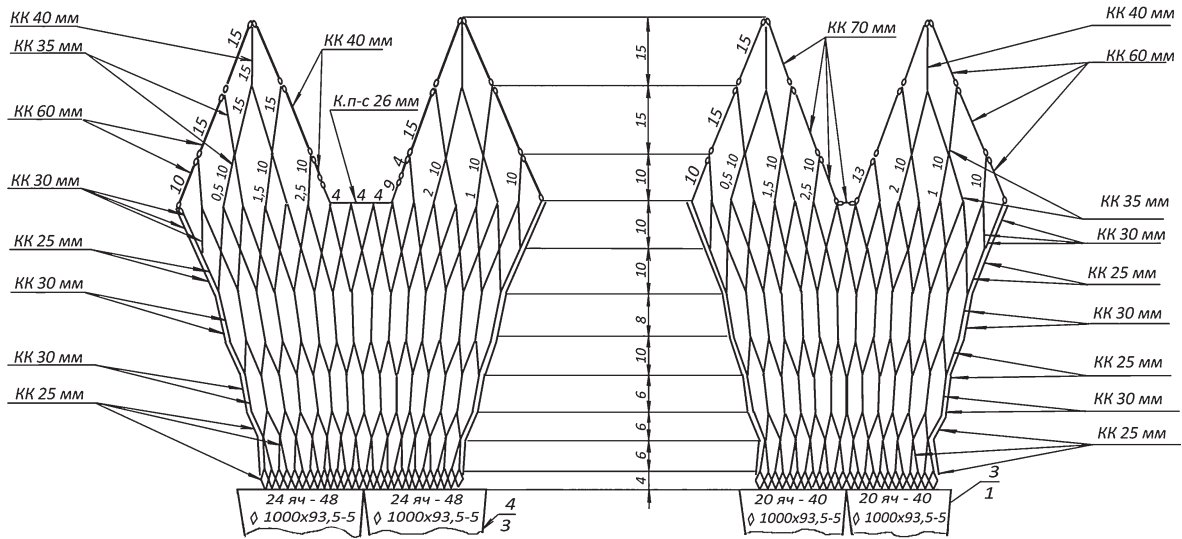


Рис. 1. Чертёж траля 98/640 м

лие, дополнительно уменьшающее диаметр сечения оболочки.

При рассмотрении шестигранной ячей обратим внимание на приложение силы сопротивления сетной оболочки к узлам ячей (рис. 2, б). На каждую из n продольных свя-

зей действует часть сопротивления траля, равная R_T/n , которая вызывает в диагональных связях силы T_C .

Подсчитав, что конструкция траля содержит по 17 шестигранных ячеей в верхней и нижней пластинах и по 15 шестигранных ячейей в бо-

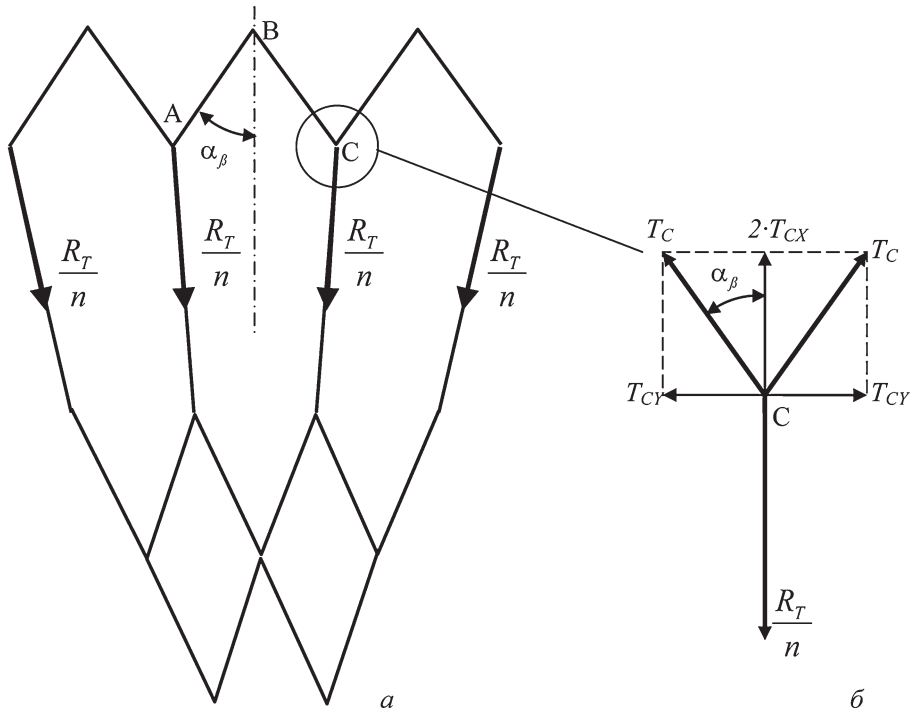


Рис. 2. Приложение силы сопротивления траля к узлам шестигранных ячейей

ковых, получим число продольных связей $n = 64$. Выделим на оболочке участок, соответствующий половине ячей, и получим сектор, изображенный на рис. 3. Длина дуги этого сектора будет равна $1/n$ от периметра гужевой части. Периметр гужа нетрудно подсчитать, зная на определенном этапе промежуточные значения вертикального H_T и горизонтального Y_T раскрытия устья трала по гужу и полагая форму его сечения эллипсом.

Периметр эллипса равен:

$$S = 4 \frac{\pi ab + (a - b)^2}{a + b},$$

где a и b — полуоси эллипса. В нашем случае $a = H_T/2$, $b = Y_T/2$.

Таким образом, длина дуги

$$S = \frac{4}{n} \cdot \frac{\pi \frac{H_T Y_T}{4} + \left(\frac{H_T}{2} - \frac{Y_T}{2} \right)^2}{\frac{H_T}{2} + \frac{Y_T}{2}}. \quad (1)$$

Выделим в сечении устья сектор с хордой, равной раскрытию ячей (рис. 3). В такой проекции видим наличие составляющей T_{Cn} , действующей на ячейку нормально поверхности в направлении к оси трала:

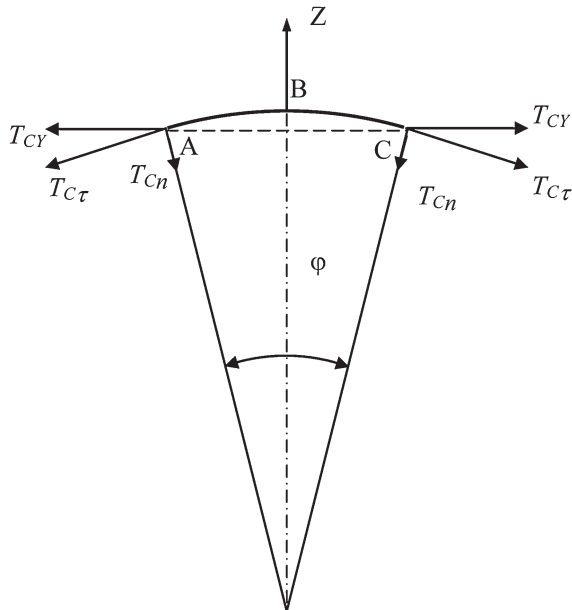


Рис. 3. Распределение поперечных усилий на поверхности сетной оболочки

$$T_{Cn} = 2T_{CY} \frac{\sin\left(\frac{\varphi}{2}\right)}{\cos^2\left(\frac{\varphi}{2}\right)}. \quad (2)$$

Значение T_Y определяется по рис. 2:

$$T_{CY} = \frac{R_T}{2n} \operatorname{tg} \alpha_{я}. \quad (3)$$

Среднее значение угла φ определяем также по рис. 2.

Для верхней и нижней пласти:

$$\varphi_{\text{верх}} = 2 \sin\left(\frac{S}{2nH_T / 2}\right); \quad (4)$$

для боковых пластей:

$$\varphi_{\text{бок}} = 2 \sin\left(\frac{S}{2nY_T / 2}\right). \quad (5)$$

Нормальное усилие для одной ячей мы определили. Для целой пластины полное усилие будет складываться из усилий половины всех ячеек гужевого пояса.

Но если рассматривать эти усилия по периметру гужа, то мы увидим, что они направлены к центру — к оси трала, и значит, для нужд построения математической модели трала нам надо спроецировать эти усилия на координатные оси.

Рассмотрим характер изменения направления усилий T_{Cn} в верхней половине гужевого пояса (рис. 4). Как видно из рисунка, сжимающая сила $T_{CЖ}^{\text{ВЕРХ}}$, действующая вдоль оси Z , изменяется от 0 при $\gamma = 0^\circ$ и $\gamma = 180^\circ$ до $T_{CЖ}^{\text{ВЕРХ}} = T_{Cn}$ при $\gamma = 90^\circ$.

Из рис. 3. видно, что:

$$\sum T_{CЖ}^{\text{ВЕРХ}} = \frac{n}{2} \int_0^{180} T_{Cn} \sin(\gamma) d\gamma.$$

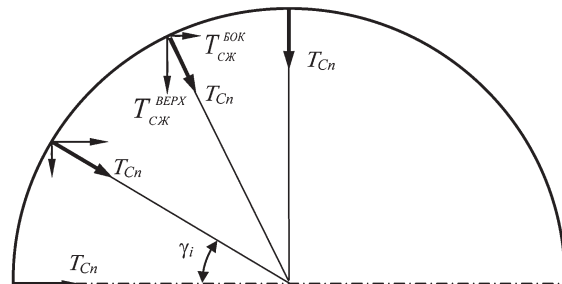


Рис. 4. Изменение проекций сжимающей силы по периметру гужевого пояса

Интегрируя от 0 до 180°, получаем сжимающую силу, действующую на верхнюю и нижнюю пласти трала:

$$\begin{aligned} \sum T_{CЖ}^{БЕРХ} &= T_{Cн} \int_0^{180} \sin(\gamma) d\gamma = T_{Cн} (-\cos(\gamma))_0^{180} = \\ &= T_{Cн} (-\cos(180) - (-\cos(0))) = \\ &= 2T_{Cн} = nT_{CY} \sin\left(\frac{\Phi_{БЕРХ}}{2}\right). \end{aligned}$$

Аналогично для боковых пластей:

$$\begin{aligned} \sum T_{CЖ}^{БОК} &= T_{Cн} \int_0^{180} \sin(\gamma) d\gamma = T_{Cн} (-\cos(\gamma))_0^{180} = \\ &= T_{Cн} (-\cos(180) - (-\cos(0))) = 2T_{Cн} = \\ &= nT_{CY} \sin\left(\frac{\Phi_{БОК}}{2}\right). \end{aligned}$$

Полученные таким образом формулы для расчёта сжимающих сил добавлены в математическую модель расчёта формы трала [Савотин, 2002, 2009]. Расчёты проведены в среде программирования MathCad.

РЕЗУЛЬТАТЫ

По результатам расчёта для трала 98/640 (рис 5, 6) видно, что улучшилось отображение боковых подбор — они теперь направлены по

линии действия сил натяжения оболочки трала, а не параллельны диаметральной плоскости.

Такая форма подтверждается множеством наблюдений за реальными тралами и их моделями [Недоступ, 2011; Коротков, Кузьмина, 1972]. В результате добавления сжимающей силы уменьшился и расчётный угол атаки верхней подборы, что также соответствует реальным тралам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы усовершенствована расчётная схема и математическая модель разноглубинного трала путём включения сил натяжения канатных связей для тралов с гексагональными ячейками гужевого пояса. Расчётная форма приближена к натурной, известной по подводным наблюдениям.

ЛИТЕРАТУРА

- Дверник А.В., Долин Г.М. 1975. Расчётные схемы для определения сил оснастки пелагического трала // Труды КТИРПХ. Вып 57. Калининград. С. 25–28.
- Габрюк В.И. 1988. Параметры разноглубинных тралов. М.: Агропромиздат. 214 с.
- Розенштейн М.М. 2000. Механика орудий рыболовства. Калининград: КГТУ. 363 с.
- Карпенко В.П. 1996. Основы теории и расчёта устройств раскрытия траловых систем. Дисс. ... докт. техн. Наук. Керчь: КМТИ. 360 с.

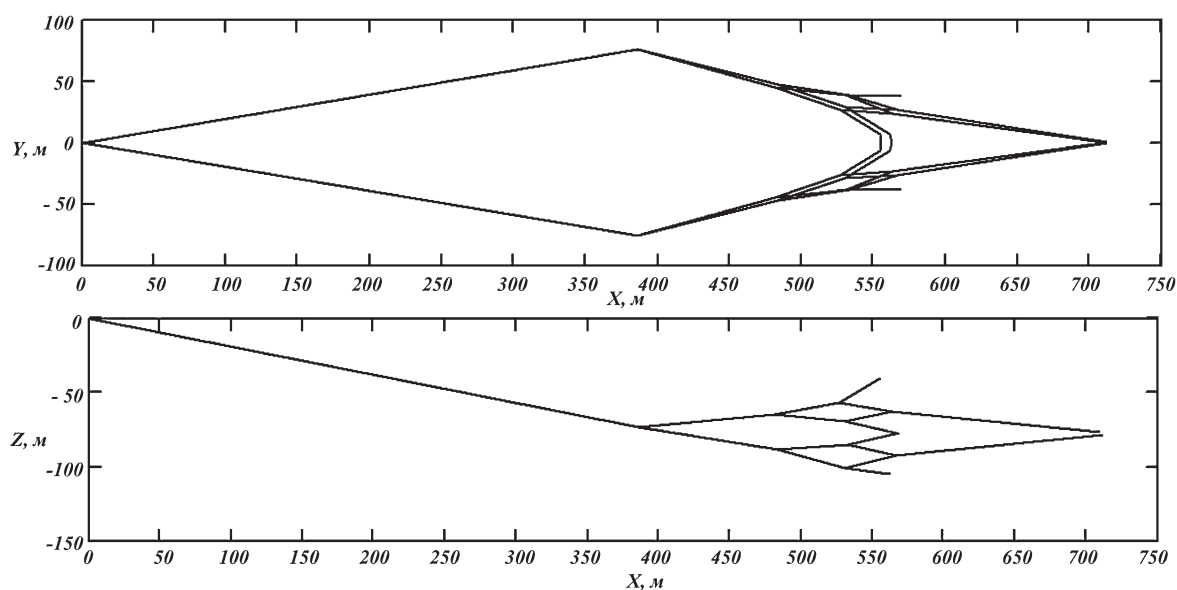


Рис. 5. Расчётная форма трала без учёта сжимающих усилий

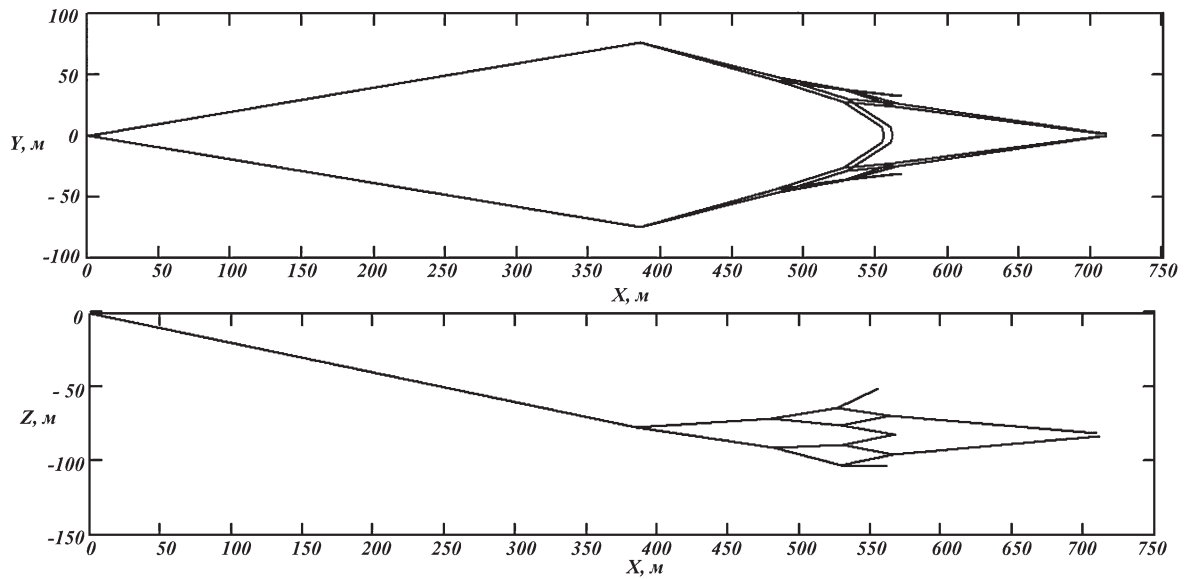


Рис. 6. Расчётная форма трала с учётом сжимающих усилий

Пособие по промыслу в районах ЮВТО, ЮЗТО, ЦВА, ЮВА, СВА, ЮЗА. 1987. Севастополь: ЦПКТБ «Азчеррыба». 294 с.
 Савотин Д.В. 2002. Совершенствование расчётной схемы и математической модели раскрытия и конфигурации траловой системы // Рыбное хозяйство Украины. № 7. С. 44–46.
 Савотин Д.В. 2009. Повышение производительности траловых систем // Рыбпром. № 3. С. 58–61.
 Недоступ А.А. 2011. Методы расчёта сетных активных орудий прибрежного и океанического рыбо-

ловства. Методы расчёта донных и разноглубинных тралов. Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ». 185 с.
 Коротков В.К., Кузьмина А.В. 1972. Трал, поведение объекта лова и подводные наблюдения за ними. М.: Пищевая пром-ть. 64 с.

Поступила в редакцию 22.07.15 г.
 Принята после рецензии 23.07.15 г.

Calculation of Mouth Shape of Trawls with Hexagonal Meshes

D.V. Savotin

Kerch State Maritime Technological University (FSBIHE «KSMTU», Kerch)

A method of calculation of the forces arising in a ropes of netshell of a pelagic trawl with diamond-shaped meshes is offered. In contrast to the known mathematical models of disclosure of trawls where as basic data for calculation only overall dimensions of forward part and rope equipment are accepted, the settlement scheme considering rope structure of forward part of a trawl is submitted in the work. In article features of the application of external forces and the arising reactions in hexagonal meshes of cartage belt on the example of a trawl 98/640 m are considered. We take into consideration the fact that in a netshell of a trawl there are forces created by tension of ropes closing meshes formed by ropes of forward part of a trawl, and correspondingly reducing the diameter of the shell. These forces are calculated around the perimeter of cartage belt and brought in three-dimensional rod model of a trawl. By results of calculation it is shown the improvement of displaying of forward part shape according to underwater supervision over trawls.

Key words: trawl mouth, form of meshes, calculation chart.