

Моделирование системы бокового траления для облова поверхностных скоплений гидробионтов

EDN XPDINI, DOI: 10.37663/0131-6184-2023-4-

Бойцов Анатолий Николаевич – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры Промышленное рыболовство ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз», @ oev@mail.ru, Владивосток, Россия

Научная статья
УДК 639.3.06

Осипов Евгений Валериевич – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры Промышленное рыболовство ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз», @ boitsov_an@mail.ru, Владивосток, Россия

Адрес: 690087, Приморский край, г. Владивосток, ул. Луговая, д. 52 Б

Аннотация.

Приведено моделирование траловой системы для бокового траления поверхностных скоплений гидробионтов (сардина иваси, скумбрия), предназначенной для среднетоннажных и малотоннажных судов. Такая система исключает влияние кильватерного следа судна и не разбивает косяк, который часто может не сходиться и значительно снижает уловы. Методика позволяет осуществлять расчет длин ваеров для симметричности трала и определять расстояние между судном и косяком.

Ключевые слова:

траловый лов, боковое траление, методика расчета

Для цитирования:

Бойцов А.Н., Осипов Е.В. Моделирование системы бокового траления для облова поверхностных скоплений гидробионтов // Рыбное хозяйство. 2023. № 4. С. EDN XPDINI, DOI: 10.37663/0131-6184-2023-

MODELING OF A LATERAL ETCHING SYSTEM FOR CATCHING SURFACE ACCUMULATIONS OF HYDROBIONTS

Anatoly N. Boitsov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Industrial Fisheries of the Federal State Educational Institution "Dalrybvtuz", @ oev@mail.ru, Vladivostok, Russia

Evgeny V. Osipov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Industrial Fisheries of the Federal State Educational Institution "Dalrybvtuz", @ boitsov_an@mail.ru, Vladivostok, Russia

Address: 690087, Primorsky Krai, Vladivostok, Lugovaya str., 52 B

Annotation. Modeling of a trawl system for lateral trawling of surface accumulations of aquatic organisms (Ivashi sardine, mackerel) designed for medium-tonnage and small-tonnage vessels is presented. Such a system eliminates the influence of the wake of the vessel and does not break the school, which often does not converge and significantly reduces catches. The technique makes it possible to calculate the lengths of the warps for the symmetry of the trawl and to determine the distance between the vessel and the school.

Keywords:

trawling, side trawling, calculation method

For citation:

Boitsov A.N., Osipov E.V. Modeling of a lateral etching system for catching surface accumulations of hydrobionts // Fisheries. 2023. No. 4. Pp. EDN XPDINI, DOI: 10.37663/0131-6184-2023-

С развитием промысла сардины иваси, в настоящее время наиболее эффективно ведется промысел крупнотоннажными судами, в то же время среднетоннажные суда в небольшом количестве осуществляют лов близнецовыми тралами или кошельковыми неводами. В случае с близнецовыми тралами промысел требует слаженности экипажей судов и, как показывает практика, ограничен рамками одного предприятия. По такой схеме сегодня работают не более двух пар судов. Многие судовладельцы имеют либо разные по типу

суда, либо вообще одно судно, что ограничивает использование близнецовых схем траления. Поэтому вовлечение одиночных среднетоннажных судов позволит увеличить общий вылов. По траловой схеме могут работать среднетоннажные суда, имеющие цеха по переработке улова. При уловах 25-30 т смятие сардины будет минимальным. Подход сардины иваси в подзону Приморья позволит задействовать и малотоннажные суда на поверхностном промысле, со сдачей улова на береговые предприятия.

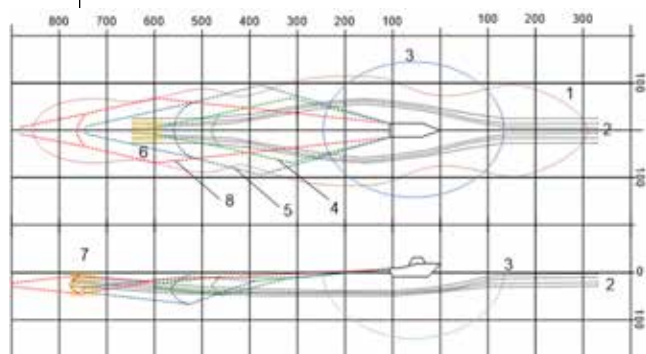


Рисунок 1. Положения траловых систем

в акустических полях судна и движение косяка рыб [1]
1 – акустическое поле судна; 2 – движение косяка рыб;
3 – реакция косяка; 4 – трал с $B_y = 70$ м, 5 – трал с $B_y = 130$ м; 6 – область схождения косяка рыб в горизонтальной плоскости; 7 – область выхода косяка рыб на первоначальную глубину; 8 – трал $B_y = 70$ м на крупнотоннажном судне

Figure 1. The positions of trawl systems in the acoustic fields of the vessel and the movement of a school of fish [1]

1 – ship acoustic field; 2 – movement of a school of fish;
3 – joint reaction; 4 – trawl with $B_y = 70$ м, 5 – trawl with $B_y = 130$ м; 6 – area of convergence of a school of fish in a horizontal plane; 7 – the area where the school of fish reaches the initial depth; 8 – trawl with $B_y = 70$ м on a large-capacity vessel

При традиционном лове тралом в поверхностном слое, в ряде случаев, кильватерный след судна и само акустическое поле судна [10] не дает возможности объекту лова сконцентрироваться перед тралом, поскольку, при тралении с траловыми досками, расстояние от судна до трала небольшое и только крупнотоннажные суда обеспечивают возможность увеличения этого расстояния, за счет более высокой тяги на винте. В частности, на рисунке 1 показана схема облова поверхностных скоплений сардины или скумбрии разными типами тралов и судов, где видно, что крупнотоннажное судно, при большей мощности, может дальше отпустить трал от кормы судна с горизонтальным раскрытием устья $B_y = 70$ м, что позволяет косяку за это время сконцентрироваться, после прохож-

дения судна, и успешно его обловить. Однако для малотоннажных и среднетоннажных судов (рис. 1, п. 4) трал отпустить, на необходимое для концентрирования косяка расстояние, невозможно.

Вследствие чего в настоящее время в некоторых странах разрабатываются системы с боковым тралением, когда трал движется сбоку от кильватерной струи (рис. 2), и облавливаются невозбужденный косяк. В первую очередь такая система создавалась для оценки запасов в поверхностном слое, поскольку, при использовании траловых досок, трал может находиться на поверхности при небольшом расстоянии от судна, и кильватерная струя, а также измененный слой воды вокруг судна, не позволяет тралу обловить уже рассеянные объекты [2; 4].

Необходимо отметить, что создание такой системы в Японии стало возможно за счет применения гибкого распорного устройства (ГРУ) (рис. 3), разрабатываемого совместно с российскими исследователями еще в конце 80-ых и начале 90-ых годов [5; 6].

В ходе траловых испытаний [3] была подтверждена стабильная работа траловой системы (рис. 3), при скорости траления 4,5-5,0 узлов, она позволяла отводить от кильватерного следа боковую траловую систему. В ходе испытаний в октябре 2006 года у о. Хоккайдо, с маломерных судов в среднем вылов за одно траление составлял 1,5 т сайры и 0,6 т скумбрии. Также было показано, что при равном раскрытии сопротивление боковой траловой системы было в 0,22 раза меньше традиционной [3].

Такие системы можно использовать для поверхностных тралений со среднетоннажных и маломерных судов разных объектов лова: сардина иваси, сайра, анчоус и тихоокеанский кальмар. В настоящее время в Японии используются только проверенные экспериментами системы и отсутствуют схемы расчета боковой траловой системы [2; 3], что сдерживает широкое развитие таких способов лова.

Используя ранее полученные модели расчета траловых систем с ГРУ [7; 8], рассмотрим методику расчета боковой траловой системы (рис. 4), где расчет характеристик ГРУ найдем по формулам:

$$R_{x,y}^{ГРУ} = C_{x,y} \frac{\rho v^2}{2} S^{ГРУ}; (T^{ГРУ})^2 = (R_x^{ГРУ})^2 + (R_y^{ГРУ})^2; \operatorname{tg} \alpha^{ГРУ} = \frac{-R_y^{ГРУ}}{R_x^{ГРУ}} \quad (1)$$

$R_x^{ГРУ}$ – гидродинамическое сопротивление; $R_y^{ГРУ}$ – гидродинамическая распорная сила; $T^{ГРУ}$ – натяжение ГРУ; $\alpha^{ГРУ}$ – угол $T^{ГРУ}$.

Силовая схема (1) для ГРУ рассчитывается при $\alpha_p = 20^\circ$ ($C_x = 0,06$, $C_y = 0,93$) [6].

Натяжение ваера $T_{e1} = 0,5T_k$ в точке А и угол $\nu_{e1} \approx \nu \approx \alpha_N^0$ (рис. 5), а угол ν_{e2} и натяжение T_{e2} в точке А_{ГРУ} найдем по формулам (рис. 6) [11]

$$\operatorname{tg} \nu_{B2} = \frac{0,5T_k \sin \nu + T^{ГРУ} \sin \alpha^{ГРУ}}{0,5T_k \cos \nu + T^{ГРУ} \cos \alpha^{ГРУ}} \quad (2)$$

$$T_{B2} \cos \nu_{B2} = 0,5T_k \cos \nu + T^{ГРУ} \cos \alpha^{ГРУ};$$

$$\sin \alpha_N^0 = (B_y - D_m) / 2L_m$$

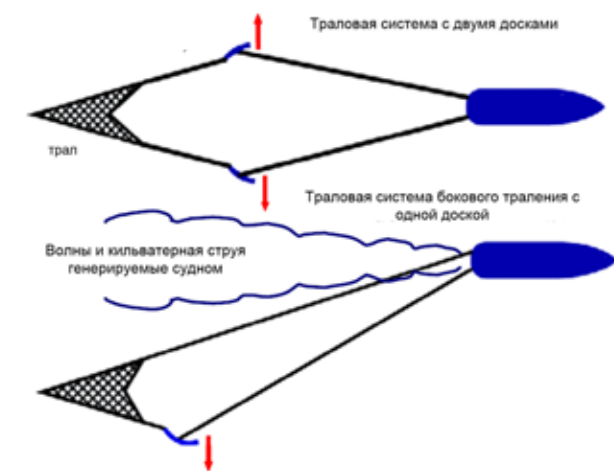


Рисунок 2. Принципы работы траловой системы [3]

Figure 2. Principles of operation of the trawl system [3]



Рисунок 3. Промысловая работа боковой траловой системы [2; 3] а – гибкий распорный щиток; б – буксировка трала с ГРУ
Figure 3. Fishing operation of the side trawl system [2; 3] a – flexible spacer shield; b – towing of the trawl from the GRU

Таблица 1. Данные моделирования / **Table 1.** Simulation data

No	Верхний кабель, м	Голый (верхний) конец, м	Дистанция AA _{ГРУ} , м	Левый ваер, м	Правый ваер, м	Расстояние до косяка (рисунок 4), м
1*	80	40	107	278	277	86
2	40	20	83	207	215	62
3	10	20	71	172	184	50

* штатные длины

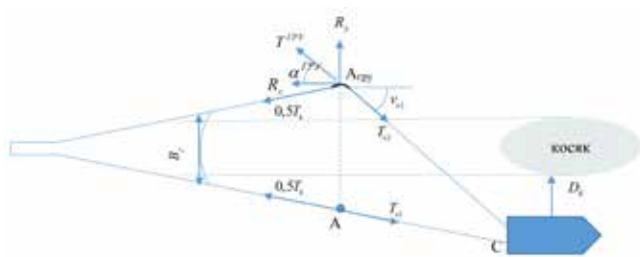


Рисунок 4. Схема расчета боковой траловой системы
Figure 4. Scheme for calculating the side trawl system

где D_M – диаметр сечения мешка трала; B_y , H_y – горизонтальное и вертикальное раскрытие трала; L_M , $l_{кр}$ – длина мотни трала и его крыла.

Расчет боковой траловой системы по (1, 2) производится с учетом ее симметричности (отсутствия перекоса), длина ваера будет зависеть от $R_y^{ГРУ}$. При ее увеличении $R_y^{ГРУ}$ угол $\angle A_{ГРУ}$ уменьшается, уменьшается и длина ваера (рис. 4). Уменьшением длины ваера достигается сокращение расстояния $AA_{ГРУ}$, что достигается за счет сокращения длин верхних кабелей и верхних голых концов. Исходя из этих ограничений, находим длины ваеров из треугольника $AA_{ГРУ}C$ (рис. 4)

$$AC = \frac{AA_{ГРУ} \sin A_{ГРУ}}{\sin C}; \quad A_{ГРУ}C = \frac{AA_{ГРУ} \sin A}{\sin C}; \quad (3)$$

где AC – ваер правый; $A_{ГРУ}C$ – ваер левый
 $\angle C = \pi - \angle A - \angle A_{ГРУ}$; $\angle A = \frac{\pi}{2} + \nu$; $\angle A_{ГРУ} = \frac{\pi}{2} + \nu_{62}$.

Длину кабелей ГРУ (рис. 6) найдем по формуле

$$l_{ГРУ} = \frac{1,1L}{\Delta l} - 1,1L, \quad (6)$$

где $\Delta l \leq 5\%$ – деформация ГРУ по высоте; L – линейный размер ГРУ

Для моделирования использовали трал РК80/396 (вертикальное раскрытие 40 м, горизонтальное 45 м) и судно СТР-503 при скорости 5 узл. и пакета ГРУ из четырех секций с площадью 3,24 м² (суммарная 12,96 м²) $L = 1,8$ м, $l_{ГРУ} = 38,5$ м

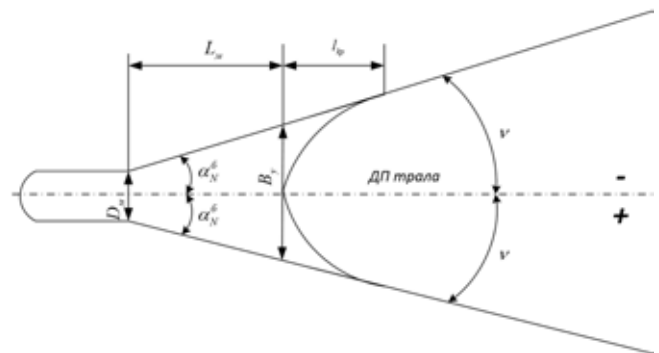


Рисунок 5. Схема расчета углов траловой системы (вид сверху)

Figure 5. Scheme for calculating the angles of the trawl system (top view)

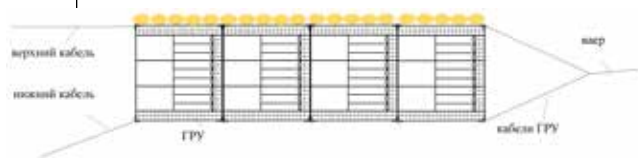


Рисунок 6. Секция соединенных по верхней и нижней подборе ГРУ

Figure 6. Section of GRU connected along the upper and lower selection

(рис. 6), данные моделирования приведены в таблице 1.

Исходя из диаграммы (рис. 1) поведения движения косяка (2), вариант №3 (табл. 1) является минимальным, с учетом дистанции реакции косяка на акустическое поле судна ($D_k = 50$ м), что позволяет маневрировать и более успешно облавливать поверхностные скопления с использованием ГРУ, чем траловыми системами с двумя траловыми досками или наводить на косяк близнецовую траловую систему. Поэтому, при «боковом тралении» судно облавливает косяк, который проходит рядом с судном, что повышает эффективность промысла.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов в работу: **А.Н. Бойцов** – идея работы, окончательная проверка статьи; **Е.В. Осипов** – идея работы, сбор и анализ данных, численное моделирование.

The authors declare that there is no conflict of interest.

The authors' contribution to the work: **A.N. Boitsov** – the idea of the work, the final verification of the article; **E.V. Osipov** – the idea of the work, data collection and analysis, numerical simulation.

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

- Бойцов А.Н., Осипов Е.В., Лисиенко С.В., Вальков В.Е., Баринов В.В. Моделирование взаимодействия рыболовной системы с Дальневосточной сардиной (иваси) и скумбрией // Морские интеллектуальные технологии. 2022. Т. 1. № 1 (55). С. 202-207.
- Разработка боковой буксировки крупногабаритной траловой системы. <https://mieruka.dc.affrc.go.jp/seika/show/229577> (Дата обращения 22.01.2023)
- Toshihiro WATANABE, Shintaro YAMASAKI, Yoichi YANAGIDA. (2007). An attempt to convert from pair trawl to one boat trawl in the halfbeak fishery. Tech. Rept. Nat. Res. Inst. Fish. Eng. 29 47-53.
- Toshihiro Watanabe, Yasuo Kumazawa. Side towing trawl system. JP 4756151 Patent <https://patents.google.com/patent/JP4756151B2/en?q=JP+4756151> (Дата обращения 22.01.2023)
- Trawl fishing gear and trawl fishing method/ Patent US 5444933. Inventor: Hiromi Kinoshita, Yoshiki Matsushita, Yoshihiro Inoue, Zykin V. Ignatyevich, Kim I. Dmitrievich, Boytsov A. Nikolaevich, Visyagin O. Anatolyevich.
- Бойцов А.Н., Висягин О.А. Исследования гидродинамических распорных устройств. Моног. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2013. 86 с.
- Бойцов А.Н., Осипов Е.В., Лисиенко С.В., Вальков В.Е., Филичук Д.А. Управление траловой системой с гибкими распорными устройствами. // Рыбное хозяйство. 2019. № 4. С. 93-95.

8. Осипов Е.В., Бойцов А.Н. Методы расчета гибких распорных устройств для горизонтального раскрытия трала и управление ими. // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. 2013. № 30. С. 111-116.

9. Кудакеев В.В., Осипов Е.В., Бойцов А.Н. Результаты исследований гибких распорных щитков для горизонтального раскрытия траловой системы // Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов мирового океана: Междунар. науч. конф. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2010. – С. 215-219.

10. Кузнецов Ю.А., Баринов В.В., Кузнецов М.Ю., Осипов Е.В., Василевский А.В. Решение задач вычислительного эксперимента процессов тралового лова. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2012 – 68 с.

11. Осипов Е.В., Бойцов А.Н. Разработка методики расчета траловой системы для бокового траления гидробионтов в поверхностном слое // Научно-практические вопросы регулирования рыболовства. Материалы Национальной научно-технической конференции. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2023. С. 3-7.

REFERENCES AND SOURCES

- Boytsov A.N., Osipov E.V., Lisienko S.V., Valkov V.E., Barinov V.V. (2022). Modeling of the interaction of the fishing system with the Far Eastern sardine (ivasi) and mackerel // Marine intelligent technologies. Vol. 1. No. 1 (55). Pp. 202-207. (In Russ.).
- Development of lateral towing of a large-sized trawl system. <https://mieruka.dc.affrc.go.jp/seika/show/229577> (Date of application. 22.01.2023)
- Toshihiro WATANABE, Shintaro YAMASAKI, Yoichi YANAGIDA. (2007). An attempt to convert from pair trawl to one boat trawl in the halfbeak fishery. Tech. Rept. Nat. Res. Inst. Fish. Eng. 29 47-53.
- Toshihiro Watanabe, Yasuo Kumazawa. Side towing trawl system. JP 4756151 Patent <https://patents.google.com/patent/JP4756151B2/en?q=JP+4756151> (Date of application 22.01.2023)
- Trawl fishing gear and trawl fishing method/ Patent US 5444933. Inventor: Hiromi Kinoshita, Yoshiki Matsushita, Yoshihiro Inoue, Zykin V. Ignatyevich, Kim I. Dmitrievich, Boytsov A. Nikolaevich, Visyagin O. Anatolyevich.
- Boytsov A.N., Visyagin O.A. (2013). Studies of hydrodynamic spacer devices. Monog. – Vladivostok: Dalrybvtuz. 86 p. (In Russ.).
- Boytsov A.N., Osipov E.V., Lisienko S.V., Valkov V.E., Filipchuk D.A. (2019). Management of a trawl system with flexible spacers. // Fisheries. No. 4. Pp. 93-95. (In Russ., abstract in Eng.).
- Osipov E.V., Boytsov A.N. (2013). Calculation methods of flexible spacer devices for horizontal opening of the trawl and their management. // Studies of aquatic biological resources of Kamchatka and the north-western part of the Pacific Ocean. No. 30. Pp. 111-116. (In Russ.).
- Kudakaev V.V., Osipov E.V., Boitsov A.N. (2010). Results of studies of flexible spacer shields for horizontal opening of the trawl system // Actual problems of development of biological resources of the world ocean: International Scientific Conference – Vladivostok: Dalrybvtuz. Pp. 215-219. (In Russ.).
- Kuznetsov Yu.A., Barinov V.V., Kuznetsov M.Yu., Osipov E.V., Vasilistov A.V. (2012). Solving problems of computational experiment of trawl fishing processes. Vladivostok: Dalrybvtuz. 68 p. (In Russ.).
- Osipov E.V., Boitsov A.N. (2023). Development of a methodology for calculating a trawl system for lateral trawling of hydrobionts in the surface layer // SCIENTIFIC and PRACTICAL ISSUES OF FISHERIES REGULATION Materials of the National Scientific and Technical Conference. – Vladivostok: Dalrybvtuz, Pp. 3-7. (In Russ.).

Материал поступил в редакцию / Received 14.07.2023

Принят к публикации / Accepted 17.07.2023