



Получение математической модели сетного орудия лова или его участка

DOI: 10.36038/0131-6184-2024-3-104-109

Научная статья
УДК 639.2.061

Симкин Леонид Михайлович – директор рыболовной компании, соискатель, Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), Москва, Россия
E-mail: simkinleonid@mail.ru

Адрес: Россия, 105187, г. Москва, Окружной проезд, 19

Аннотация. В статье рассматривается возможность определения различных конструктивных параметров орудий лова, выполненных в виде сетных цилиндров, конусов и других пространственных фигур. На основе данных, снятых с чертежей, сделан анализ их конструкции, предложен ряд их характеристик, определен перечень конструктивных величин для исследования и построения графиков. В качестве примера приведен расчет шага ячеи, сплошности, раскрытия ячеи, радиуса и разрывной прочности жгута сетных конусов донного трала 29,2/33М для лова головоногих и мелкочейистой сетной части разноглубинного трала 70/370М. По данным, полученным с раскроечных чертежей, построены графики изменения конструктивных величин по длине рассматриваемого участка орудия лова.

Ключевые слова: сетные орудия лова, конструктивная величина, график изменения конструктивной величины, сетная пластина

Для цитирования: Симкин Л.М. Получение математической модели сетного орудия лова или его участка // Рыбное хозяйство. 2024. № 3. С. 104-109. DOI: 10.36038/0131-6184-2024-3-104-109

OBTAINING A MATHEMATICAL MODEL OF A NET FISHING GEAR OR ITS SECTION

Leonid M. Simkin – Director of a fishing company, applicant, Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO), Moscow, Russia

Address: Russia, 105187, Moscow, Okruzhnoy proezd, 19

Annotation. The article discusses the possibility of obtaining various design parameters of fishing gears in the form of cylinders, cones and other space figures. On the basis of data from drawings, the analysis of the construction of net fishing gears was made, a number of their construction features suggested, a list of design values for research and graphs presented. This was illustrated by the calculation of mesh bar size, density, opening of mesh, radius and tensile strength of bundles of mesh cones of the 29.2/33M bottom trawl for cephalopod fishing and fine-mesh part of 70/370M mid-water trawl. Based on the data from the cut drawings, diagrams were constructed and the functional changes of the parameters along the length of the area under consideration were obtained.

Keywords: mid-water trawls, net plate, rope plate, design characteristics of a mid-water trawl

For citation: Simkin L.M. (2024). Obtaining a mathematical model of a net fishing gear or its section // Fisheries. No. 3. Pp. 104-109. DOI: 10.36038/0131-6184-2024-3-104-109

Рисунки – авторские / The drawings were made by the author



В рыболовстве большую роль играют орудия лова, у которых направляющие и удерживающие части выполнены из объемных сетных конструкций различной конфигурации и из разных материалов. Моделей и видов таких орудий лова довольно много. К ним относятся: тралирующие, обхватывающие и пассивные орудия лова. Каждая конструкция сетной секции современного орудия лова прошла путь адаптации (проверки) на промысле и сегодня используются те, которые считаются лучшими. За последние десятилетия дизайн орудий лова изменился незначительно. В основном развитие идет за счет применения усовершенствованных и адаптированных для рыболовства сетематериалов, поэтому чем глубже мы будем знать особенности существующих конструкций орудия лова, тем эффективнее сможем спроектировать следующую конструкцию.

В каждом случае сетный конус проектируется с учетом района промысла, видового состава гидробионтов и требований к селективности данного вида лова. Предметом нашего рассмотрения будут сетные секции (рис. 1, 2, 3, 4), из которых состоят различные виды тралов, снюрреводов, ловушек и других орудий лова, в которых содержатся конические, цилиндрические и другие сетные устройства пространственной формы. Каждый вид орудий лова имеет свою конструктивную сложность, их можно поделить на простые и сложные [2].

К простым относятся конструкции сетной секции в виде конуса, цилиндра или параллелепипеда, собранные из сетных пластин с одинаковым шагом ячеи, диаметром нитки и другими конструктивными величинами, пример показан на рисунке 4.

К сложным относятся конструкции сетной секции в виде конуса, цилиндра или параллелепипеда, собранные из сетных пластин с отличающимся шагом ячеи, диаметром нитки и другими параметрами. Для определения числового значения этих конструктивных параметров необходимо рассчитать их средневзвешенные значения, примеры показаны на рисунках 1, 2, 3.

Учитывая все возрастающую актуальность рационального расходования материалов и энергоресурсов, а также – ужесточение требований к селективным свойствам орудий лова, появилась необходимость в расширенном анализе существующих и новых конструкций с целью их оптимизации.

Конструктивные параметры (величины) [2] сетных орудий лова можно разделить на:

- простые – параметры, которые могут быть считаны с раскройного чертежа. Это шаг ячеи, диаметр нитки, цикл кройки;
- производные – параметры, которые возмож-

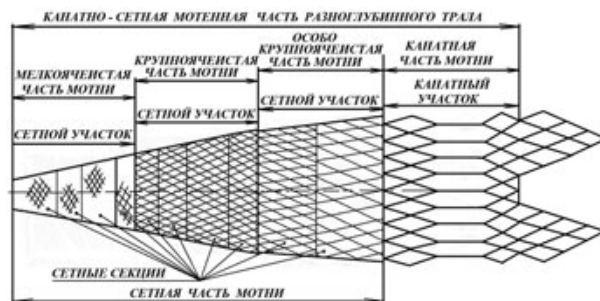


Рисунок 1. Канатно-сетная часть разноглубинного трала

Figure 1. Rope-net part of a mid-water trawl

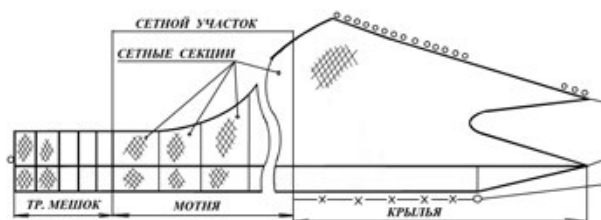


Рисунок 2. Трал донный

Figure 2. Bottom trawl

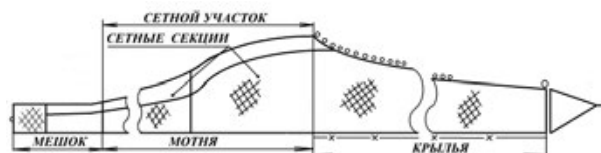


Рисунок 3. Снюрревод

Figure 3. Dragnets

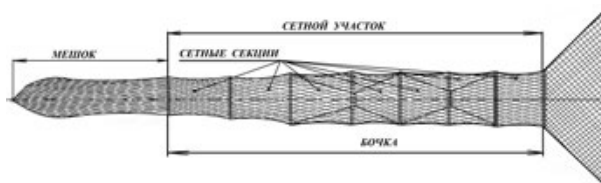


Рисунок 4. Ловушка, мережа, вентерь

Figure 4. Trap nets, hoop net trap, true wind

но рассчитать на основе данных, считанных с чертежа. Это сплошность, габаритные размеры пластин, участков, всей конструкции; эксплуатационные параметры сетематериалов, отличающиеся друг от друга физико-механическими показателями: линейной плотностью, разрывной нагрузкой, удлинением, потерей коэффициента прочности и т. д.;

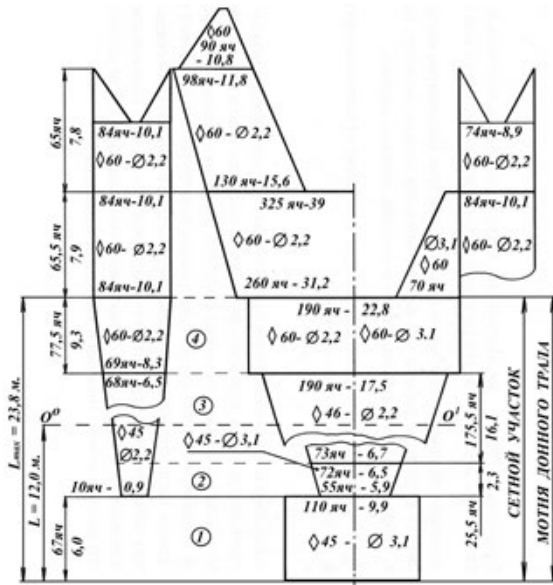


Рисунок 5. Донный трал 29.2/33M для лова головоногих
Figure 5. Bottom trawl 29.2/33M for cephalopod fishing

- измеренные – параметры, которые можно получить в процессе работы орудия лова. Это раскрытие ячеи, растяжение нитки или ячеи;
- параметры, влияющие на поведение объекта лова в процессе работы, такие как вибрация и звук, свечение сетного полотна, канатов, веревок;
- экономические – параметры, влияющие на окончательную цену или цену отдельного участка конструкции.

Для каждой сетной конструкции орудия лова или его отдельного участка можно построить диаграмму параметров, на основе которых подобрать функцию изменения любого параметра по длине рассматриваемого участка. В любой точке сетного орудия лова возможно рассчитать ряд числовых значений конструктивных параметров. Полученные числовые значения связаны между собой, отражают конструкцию в этом конкретном месте и будут характерны и уникальны только для данной конструкции.

Рассчитанные по уравнениям числовые значения взаимосвязаны, они характеризуют уникальность данного изделия. Эту взаимосвязь можно выразить системой функций конструктивных величин по длине рассматриваемого участка орудия лова и представить в следующем виде:

$$\begin{cases} F_1(l_i), \\ F_2(l_i), \\ \dots \\ F_n(l_i). \end{cases} \quad (1)$$

С развитием рыболовства вырос как диапазон габаритов орудий лова, так и ассортимент сетематериалов, используемых при постройке сетных орудий лова. Размеры некоторых конструкций увеличились в разы, и провести анализ бывает сложно. Для расширения возможностей по проведению сравнительного анализа конструктивных параметров используем их безразмерные коэффициенты [3], такую взаимосвязь представим в виде системы функций безразмерных коэффициентов конструктивных величин орудия лова или его участка:

$$\begin{cases} F_{diml}^1(L_{diml}), \\ F_{diml}^2(L_{diml}), \\ \dots \\ F_{diml}^n(L_{diml}). \end{cases} \quad (2)$$

Любая канатно-сетная или просто сетная оболочка орудия лова собирается на основе сетных секций, составленных из сетных пластин. Средневзвешенное значение конструктивных величин рассчитывается в случае, если такие секции шиваются из пластин однородного сетного полотна или сетного полотна с разным шагом ячеи, причем нитки могут быть из различных материалов, разного диаметра и структуры [4]. На основе полученных графиков, с учетом средневзвешенных конструктивных величин, получаем систему уравнений зависимости безразмерных средневзвешенных конструктивных величин от длины рассматриваемого участка орудия лова, и их можно представить как:

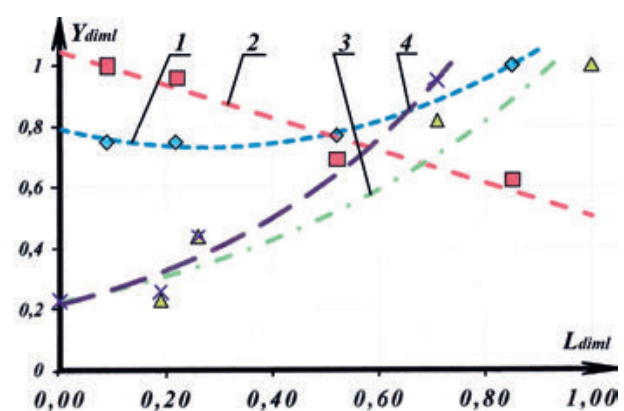


Рисунок 6. Графики изменения безразмерных коэффициентов средневзвешенных конструктивных величин мотенной части трала 29.2/33M по ее длине

Figure 6. Graphs of changes in the dimensionless coefficients of weighted average values of the reeled part of the 29.2/33M trawl along its length

$$\begin{cases} F_{diml}^{1-C,V}(L_{diml}), \\ F_{diml}^{2-C,V}(L_{diml}), \\ \dots \\ F_{diml}^{n-C,V}(L_{diml}). \end{cases} \quad (3)$$

Учитывая, что все конструктивные характеристики влияют на уловистость, селективность, долговечность, стоимость и другие технические и экономические показатели конструкции, они должны быть учтены и рассчитаны.

Классическим примером использования средневзвешенных величин при конструировании является большинство донных тралов, например трал 29,2/33М для лова головоногих [5].

Для наглядности объяснения построим графики изменения конструктивных величин мотенной части трала 29,2/33М, подберем для них функции, характеризующие изменения каждой конструктивной величины по длине рассматриваемого участка трала (рис. 6).

На рисунке 6 показан желательный характер изменения числовых значений безразмерных коэффициентов средневзвешенных конструктивных величин:

- безразмерный коэффициент средневзвешенного шага ячеи – a_{diml}^{CV-i} ;
- безразмерный коэффициент средневзвешенной сплошности – K^{CV-i} ;
- безразмерный коэффициент средневзвешенной разрывной прочности по верхним кромкам сетных секций – P_{diml}^{top-i} ;
- безразмерный коэффициент средневзвешенной разрывной прочности по нижним кромкам сетных секций – P_{diml}^{bot-i} .

$$\begin{cases} 1 - a_{diml}^{1-CV} = 0 \cdot L_{diml}^2 - 0,5422 \cdot L_{diml} + 1,0452; \\ 2 - K_{diml}^{2-CV} = 0,8087 \cdot L_{diml}^2 - 0,4469 \cdot L_{diml} + 0,793; \\ 3 - P_{diml}^{3-CV} = 0,225e^{1,6097L_{diml}}; \\ 4 - P_{diml}^{4-CV} = 0,225e^{2,078L_{diml}}; \end{cases}$$

Полученная система уравнений позволяет смоделировать и получить численные значения конструктивных величин для любой точки мотенной части данного трала.

Для демонстрации возможности получения числовых значений, на основании системы уравнений (4), рассчитаем их на произвольно выбранном удалении от нижней кромки мотни, равном $L = 12,0$ метров.

1. По полученным безразмерным, средневзвешенным коэффициентам конструктивных величин определяем средневзвешенные значения шага ячеи, сплошности, разрывной прочности жгута по верхней и нижней кромке в точке $L = 12,0$ метрам.

2. Находим безразмерную длину до расчетной точки – $L_{diml}^{i-12} = 12/23,8 = 0,504$.

3. Проведем расчеты на компьютере, получим числовые значения рассматриваемых средневзвешенных конструктивных величин:

Y = A·L ² + B·L + C					Y = Ae ^{BL}			
A	B	C	L	Y	A	B	L	Y
0	-0,5422	1,045	0,504	0,771731	0,225	1,6097	0,504	0,506432
0,8087	-0,4469	0,793	0,504	0,773185	0,217	2,078	0,504	0,618446

На основании полученных числовых значений определим для мотни донного трала 29,3/33М расчетные значения по линии $O^0 - O^1$ (см. рис. 5), средневзвешенные значения шага ячеи, сплошности, диаметра нитки и разрывные прочности жгутов по верхней и нижней кромке:

А. Средневзвешенный шаг ячеи будет – $a_{diml}^{CV-12} = 0,771931 \times 60 = 46,32$ мм.

Б. Средневзвешенный коэффициент сплошности – $K^{CV-12} = 0,7732$.

Средневзвешенный диаметр определяем из

$$K^{CV-12} = \frac{a^{12}/a^{12}}{a^0/a^0} = \frac{d^{12}/46,32}{0,069} = 0,7732, \text{ тогда}$$

$$d^{CV-12} = 0,7732 \cdot 0,069 \cdot 46,32 = 2,47116 \text{ мм.}$$

В. Разрывная прочность по верхним кромкам – $P_{diml}^{top-i} = 0,703 \times 54,26 = 38,145$ т.

Г. Разрывная прочность по нижним кромкам – $P_{diml}^{bot-i} = 0,701 \times 54,26 = 38,04$ т.

Большинство сетных секций в орудиях лова собираются из однородных пластин, изготовленных из дели с равным шагом ячеи из нитки одного диаметра, того же материала и структуры, поэтому все конструктивные величины их соответствуют той дели, из которой выкраивают пластины. В этом случае система уравнений безразмерных коэффициентов конструктивных величин рассматриваемого участка орудия лова будет соответствовать системе уравнений безразмерных коэффициентов конструктивных величин орудия лова или его участка (2).

Для демонстрации возможности получения числовых значений конструктивных величин возьмем конструкцию мелкоячеистой части трала 70/370М [6], который прошел промышленные испытания и исследован в процессе буксировки на промысле (рис. 7). На основании раскроечного чертежа и данных испытания построим диаграмму и получим графики изменения числовых значений безразмерных коэффициентов конструктивных параметров.

На основании рассчитанных данных построим графики (рис. 8) и получим уравнения.

На рисунке 8 показан желательный характер изменения числовых значений безразмерных коэффициентов конструктивных величин с разноглубинного трала 70/370М:

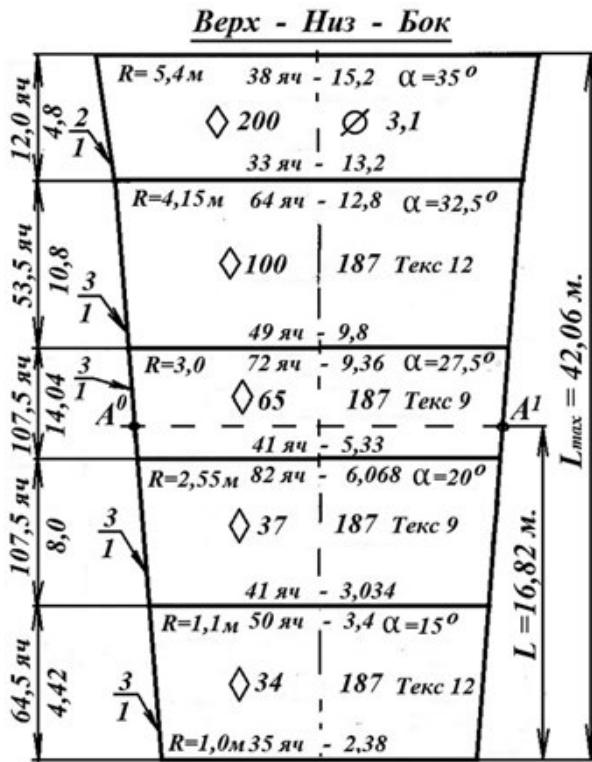


Рисунок 7. Чертеж мелкоячейистой части оболочки трала 70/370М

Figure 7. Drawing of the fine-mesh part of the trawl shell 70/370M

- шаг ячеи однородных сетных конусов a_{diml} ,
- сплошность однородных сетных конусов K_{diml} ,

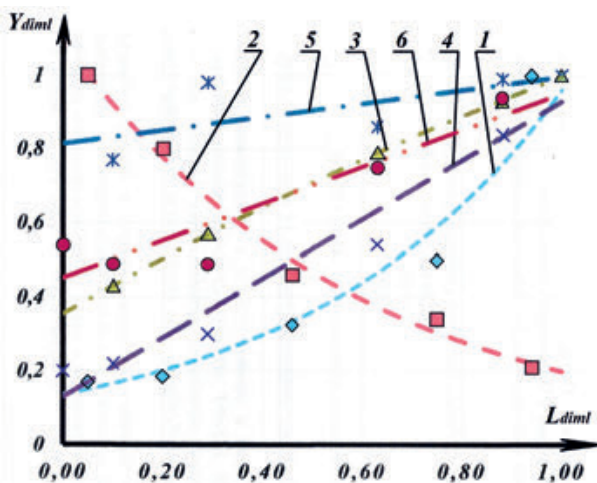


Рисунок 8. Графики параметров мелкоячейистой оболочки разноглубинного трала 70/370М

Figure 8. Trend lines dependence of design values for the small-mesh net part of the 70/370M mid-water trawl

- угол раскрытия в центре сетной пластины α_{diml} ,
- радиус сетного конуса по верхней кромке R_{diml} ,
- разрывная прочность жгута по верхним кромкам P_{diml}^{top} ,
- разрывная прочность жгута по нижним кромкам P_{diml}^{bot} .

Система соответствующих уравнений:

$$\begin{cases} a_{diml} = 1,404 \cdot L_{diml}^2 - 0,542 \cdot L_{diml} + 0,2187; \\ K_{diml} = 0,75 \cdot L_{diml}^2 - 1,6073 \cdot L_{diml} + 1,0785; \\ \alpha_{diml} = 0,6287 \cdot L_{diml} + 0,3793; \\ R_{diml} = 0,6783 \cdot L_{diml}^2 + 0,122 \cdot L_{diml} + 0,2016; \\ P_{diml}^{top} = -0,1058 \cdot L_{diml}^2 + 0,2986 \cdot L_{diml} + 0,87947; \\ P_{diml}^{bot} = 0,899 \cdot L_{diml}^2 - 0,2101 \cdot L_{diml} + 0,5171; \end{cases}$$

Полученная система уравнений позволяет численно смоделировать и получить численные значения конструктивных величин для любой точки мотенной части данного трала.

Для демонстрации возможности получения числовых значений, на основании полученной системы уравнений (5), рассчитаем их численные значения на произвольно выбранном удалении от нижней кромки мотни, равном $L = 16,82$ метра.

1. По полученным безразмерным средневзвешенным коэффициентам конструктивных величин определяем средневзвешенные значения шага ячеи, сплошности, разрывной прочности жгута по верхней и нижней кромке линии $A^0 - A^1$ на расстоянии $L = 16,82$ м

2. Находим безразмерную длину до расчетной точки - $L_{diml}^{i-16,82} = 16,82/42,06 = 0,4$.

Проведем расчеты, получим числовые значения рассматриваемых конструктивных величин:

$$Y = A \cdot L^2 + B \cdot L + C$$

A	B	C	L	Y
1,404	-0,542	0,2187	0,4	0,22654
0,75	-1,6073	1,0785	0,4	0,55558
0	0,6287	0,3793	0,4	0,63078
0,6783	0,122	0,2016	0,4	0,358928
-0,1058	0,2986	0,8794	0,4	0,981912
0,899	-0,2986	0,5171	0,4	0,5415

На основании полученных числовых значений определим для мелкоячейистой части разноглубинного трала 70/370М расчетные значения по линии $A^0 - A^1$. Желательная величина шага ячеи, сплошность, диаметр нитки и разрывная прочность по верхней и нижней кромке будут:

- шаг ячеи $a^{16,82} = 0,22654 \times 200 = 45,31$ мм;
 - коэффициент сплошности $-K^{16,82} = 0,55558$, следовательно при
- $$K^{16,82} = \frac{a^{16,82}/a^{16,82}}{a^0/a^0} = 0,55558$$

диаметр нитки

$$d^{16,82} = 0,55558 \cdot 45,31 \cdot 0,0735 = 1,85 \text{ мм}$$

- угол раскрытия сетного полотна $\alpha_{diml} = 0,63078 \times 35^\circ = 22,1^\circ$;
- радиус конуса $R_{diml} = 3589 \times 5,4 = 1,94$ м;
- разрывная прочность по верхним кромкам $-P_{diml}^{top-i} = 0,9819 \times 60,16 = 59,071$ т;
- разрывная прочность по нижним кромкам $-P_{diml}^{bot-i} = 0,5415 \times 60,16 = 32,577$ т.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Получение системы графиков для средневзвешенных безразмерных конструктивных величин по уравнению (4) и безразмерных конструктивных величин по уравнению (5) идентично. Анализ полученных графиков и определение рекомендуемых величин конструктивных параметров для корректировки имеющейся или будущей сетной конструкции описаны в работах [2] и [7]. Приведенная математическая модель облегчает и ускоряет расчеты сетных конструкций орудий лова.

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

1. Татарников В. А., Акишин В. В., Истомин И. Г., Астафьев С. Э. Способы и орудия лова промышленного и прибрежного рыболовства Северного рыболовства. Справочное пособие. – М.: Изд-во ВНИРО. 2016. 286 с.
2. Симкин Л.М. Методика определения характера изменения параметров канатно-сетной оболочки разноглубинного трала по его длине // Изв. ТИНРО. 2023. Т. 203. вып. 1. С. 223-233.
3. Симкин Л.М. Исследование возможности получения функциональной зависимости коэффициентов сплошности канатно-сетных частей разноглубинных тралов // Изв. ТИНРО. 2020. Т. 200. вып. 3. С. 656-670.
4. Симкин Л.М. Зависимости средних взвешенных значений характеристик сетных частей донных тралов от места расположения пластин // Известия КГТУ. 2014 № 34. – Калининград: КГТУ. 2014. С. 103-110.

5. Тралы донные для головоногих в водах Мавритании. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. 153.00.000 ТО // ЦПКТБ Клайпедский филиал. 1981. С. 3-15.
6. Рейсовый отчет 2347 РО РТМ 7168 «Астероид», с июля по ноябрь 1987 г. // Научно-производственное объединение по технике промышленного рыболовства. – Калининград. 1987. С. 86-89.
7. Симкин Л.М. Рекомендация по построению обобщенного графика для нескольких сетных частей пелагических тралов // Материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 125-летию со дня рождения заслуженного деятеля науки и техники РСФСР Баранова Федора Ильича. – Калининград: КГТУ. 2011. С. 391-397.

LITERATURE AND SOURCES

1. Tatarnikov V. A., Akishin V. V., Istomin I. G., Astafiev S. E. (2016). Methods and Fishing Gear of Industrial and Coastal Fishing of the Northern Fishery. Reference manual. – M.: VNIRO. 286 p. (In Russ.).
2. Simkin L.M. (2023). A method to determine patterns for changing parameters of the rope-net shell of mid-water trawl along its length. Izvestiya TINRO.: 203 (1). Pp.223-233. (In Russ.).
3. Simkin L.M. (2020). A study of approach to assessing a functional relationship between density ratios for the rope/net part of midwater trawl. // Izvestiya TINRO. 200(3). Pp. 656-670. (In Russ.).
4. Simkin L.M. Dependences of the average weighed values of characteristics of ground trawl nets parts from the location of plates. Izvestiya KSTU. 2014; № 34: Kaliningrad KSTU – Pp. 103–110.
5. Bottom trawls for cephalopods in the waters of Mauritania. Technical description and instruction manual. 153.00.000 ТО// TsPKTB Klaipėda branch. 1981. Pp. 3-15. (Central Design and Technical Bureau). (In Russ.).
6. Voyage report 2347 PO RTM 7168 “Asteroid”, July to November 1987 // Scientific and production association for industrial fishing technology. Kaliningrad: 1987. Pp. 86-89. (In Russ.).
7. Simkin L.M. (2011). Recommendation for the construction of a generalized schedule for several net parts of pelagic trawls // Proc. Int. Sci. Pract. Conf. Commem. 125th Anniv. of Birth of Honored Worker of Science and Technology RSFSR Baranov Fedor Ilyich, Kaliningrad: KGTU. Pp. 391-397. (In Russ.).

Материал поступил в редакцию/ Received 07.12.2023
Принят к публикации / Accepted for publication 31.05.2024

