

## ПРОМРЫБОЛОВСТВО

УДК 639.2.081.117.21

**Е.А. Захаров, О.Н. Кручинин, Д.Л. Шабельский\***  
Тихоокеанский филиал ВНИРО (ТИНРО),  
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4

**РАЗРАБОТКА И АПРОБИРОВАНИЕ АЛГОРИТМА РАСЧЕТА РАБОЧИХ ПАРАМЕТРОВ ТРАЛОВЫХ СИСТЕМ**

На основе принципа равновесия с использованием схемы Ф.И. Баранова, отражающей взаимозависимость силовых и геометрических параметров траловой системы, разработана математическая модель. Применительно к донной траловой системе в модели учтено влияние грунта на сопротивление и распорную силу элементов траловой системы. Разработан алгоритм расчета рабочих параметров донных и разноглубинных траловых систем, включающий операцию по минимизации погрешности итерации. Аprobирование математической модели и расчетного алгоритма в программе Microsoft®Office Excel с привлечением языка программирования Visual Basic выявило хорошую сходимость расчетных и экспериментальных данных, что может указывать на адекватность разработанной модели. Алгоритм и программа расчета рабочих параметров траловых систем может использоваться при проектировании тралов, при проведении учетных работ для определения горизонтального раскрытия тралов, а также в учебном процессе при подготовке специалистов промышленного рыболовства.

**Ключевые слова:** математическая модель, основанная на принципе равновесия и схеме Ф.И. Баранова; элементы траловой системы; алгоритм расчета рабочих параметров траловых систем; адекватность математической модели; базы данных.

DOI: 10.26428/1606-9919-2019-198-221-229.

**Zakharov E.A., Kruchinin O.N., Shabelsky D.L.** Development and testing of algorithm for calculation of operating parameters of trawling systems // Izv. TINRO. — 2019. — Vol. 198. — P. 221–229.

Numerical model of trawling system is developed on the base of equilibrium principle, using F.I. Baranov's scheme of its power and geometric parameters interdependence. The model application to bottom trawling takes into account the effect of bottom grounds on the resistance force and expansion force of the trawling system. Algorithm is proposed for calculation of operating parameters of bottom and midwater trawls, with an operation to minimize the error of iteration. The model and the calculation algorithm were tested in MS Office Excel environment, using Visual Basic programming, and showed good convergence of the calculated and experimental data that indicates reliability of the model. This algorithm and the program for

---

\* Захаров Егор Андреевич, заведующий сектором, e-mail: egor.zakharov@tinro-center.ru; Кручинин Олег Николаевич, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: oleg.kruchinin@tinro-center.ru; Шабельский Дмитрий Леонидович, ведущий инженер, e-mail: dmitriy.shabelsky@tinro-center.ru.

Zakharov Egor A., head of sector, Pacific branch of VNIRO (TINRO), Shevchenko Alley, 4, Vladivostok, 690091, Russia, e-mail: egor.zakharov@tinro-center.ru; Kruchinin Oleg N., D.Tech., leading researcher, Pacific branch of VNIRO (TINRO), Shevchenko Alley, 4, Vladivostok, 690091, Russia, e-mail: oleg.kruchinin@tinro-center.ru; Shabelsky Dmitry L., leading engineer, Pacific branch of VNIRO (TINRO), Shevchenko Alley, 4, Vladivostok, 690091, Russia, e-mail: dmitriy.shabelsky@tinro-center.ru.

calculation of operating parameters could be used for trawl designing, in accounting surveys to determine the trawl opening, and in educational process for training the industrial fishery scholars.

**Key words:** numerical model, equilibrium principle, Baranov's scheme, trawling system, algorithm for calculation of operating parameters of trawling system, model reliability, data base.

## Введение

При выполнении траловых учетных съемок одной из важнейших задач является определение зоны облова трала, которая обусловлена геометрией траловой системы. Весьма простой способ определения геометрических параметров траловой системы предложен ранее в ТИНРО для расчетов горизонтального раскрытия донных тралов [Кручинин и др., 2012]. Однако этот способ не универсален, имеет существенные ограничения и не раскрывает связи между силовыми и геометрическими параметрами траловой системы [Сафронов и др., 2013]. По этой причине возникла необходимость в разработке более универсального метода, базирующегося на известных закономерностях механики донной траловой системы и пригодного, в частности, для адекватной интерпретации результатов траловых съемок.

Известно, что основным элементом траловой системы, определяющим ориентацию в пространстве ваеров, кабелей, крыльев и подбор трала, которые способствуют концентрации рыб в облавливаемой зоне, являются траловые доски [Коротков, 1973, 1978, 1998; Рыкунов, 1973; Заферман, 2004; Лапшин, 2009; Розенштейн, 2010; Кручинин и др., 2011]. Для расчета расстояния между досками обычно используется предложенная Ф.И. Барановым [1969] схема взаимозависимости между силовыми и геометрическими параметрами, представляющая собой проекцию траловой системы на горизонтальную плоскость. В этой схеме учитываются длина ваеров и кабелей, длина образующей трала, сила сопротивления трала, лобовое сопротивление и распорная сила досок, а также предполагается, что линия образующей трала является продолжением линии кабелей. Недостатки вышеприведенной модели заключаются, во-первых, в том, что она учитывает только гидродинамические силы, тогда как при донном тралении возникают дополнительные грунтодинамические распорные силы и сопротивление трения деталей оснастки о дно [Веденеев, 1974, 1975; Сеславинский, 1975]. Во-вторых, предположение о том, что линия образующей трала является продолжением линии кабелей (т.е. углы атаки кабелей и сетной оболочки трала одинаковы), не соответствует действительности. В процессе траления образующая сетной оболочки трала может принимать форму трактрисы [Розенштейн, 2000], из чего следует, что углы атаки различных частей сетной оболочки трала (крыльев и мотни) неодинаковы, что подтверждается нашими экспериментальными данными [Захаров, Кручинин, 2016]. Это обстоятельство заставляет искать адекватный метод расчета углов атаки кабелей, крыльев и мотни трала, отличающийся от метода, допускающего, что линия образующей трала является продолжением линии кабелей.

Таким образом, целью настоящей статьи является доработка математической модели Ф.И. Баранова и разработка на ее основе алгоритма и компьютерной программы для расчета рабочих параметров траловых систем. Актуальность работы в первую очередь обоснована необходимостью уточнения зоны облова учетных тралов, а также возможностью компьютерной визуализации рабочей формы траловой системы при изменяющихся условиях траления: скорости и глубины траления, длины вытравленных ваеров, угла атаки распорных траловых досок и др.

## Материалы и методы

Модель для расчета рабочих параметров траловой системы основывается на схеме Ф.И. Баранова [1969] и формуле для определения расстояния между досками, представленной в работах А.Л. Фридмана [1981] и М.М. Розенштейна [2000]. С использованием этой схемы и формулы нами разработана уточненная математическая

модель для расчета силовых и геометрических параметров траловой системы на основе следующего уравнения:

$$Y_{доc} = \frac{R_Y L_{x(T)} L_{x(B)}}{R_T L_{x(B)} + T_X L_{x(T)}}, \quad (1)$$

где  $Y_{доc}$  — половина расстояния между досками, м;  $L_{x(B)}$ ,  $L_{x(T)}$  — проекции длины ваера и длины топенантов трала вместе с кабелями на плоскость XY (параллельно оси X направлены поток и векторы сил лобового сопротивления, а параллельно оси Y — векторы распорных сил), м;  $R_Y$ ,  $R_T$  — суммарная распорная сила элементов траловой системы и сопротивление трала с оснасткой, Н;  $T_X$  — суммарное сопротивление траловой системы, определяющее натяжение ваеров, Н.

Математическая модель и методы расчета силовых и геометрических параметров элементов траловой системы (сетной оболочки трала, верхней и нижней подбор, кабелей, досок и ваеров), входящих в уравнение (1), изложены ранее в нашей статье [Захаров, Кручинин, 2016], а также в работе М.М. Розенштейна с соавторами [2013]. Отличие нашей модели от модели Ф.И. Баранова заключается в дополнительном введении распорных сил и сил сопротивления ваера, кабеля и сетной оболочки трала, а также в том, что значения  $R_Y$  и  $R_T$  для донных тралов рассчитываются как сумма гидро- и гидродинамических сил траловых досок, кабелей и деталей оснастки трала.

Поскольку параметры, рассчитываемые в правой части уравнения (1), зависят от расстояния между досками, это уравнение является трансцендентным и решается методом последовательных приближений (итераций). Цикл вычислений производится до тех пор, пока не выполнено условие:

$$100\% \left| \frac{Y_{доc(ввод)} - Y_{доc(итер)}}{Y_{доc(ввод)}} \right| = \sigma_{итер}, \quad (2)$$

где  $Y_{доc(ввод)}$ ,  $Y_{доc(итер)}$  — вводимое и расчетное (итерационное) значения половины расстояния между досками;  $\sigma_{итер}$  — погрешность итерации при решении трансцендентного уравнения (1).

Алгоритмическая схема расчета разработана по ГОСТ 19.701-90, расчеты выполнены в программе Microsoft©Office Excel с привлечением языка программирования Visual Basic. Так как при компьютерном решении трансцендентных уравнений не всегда удается сразу найти решение из-за неопределенности при выборе шага итерации, разработанный нами алгоритм включает подпрограмму (процедуру) нахождения минимального значения погрешности итерации. Алгоритм этой процедуры заключается в том, что значения  $Y_{доc(ввод)}$  последовательно, с ничтожно малым шагом итерации, составляющим 0,01 м, вводятся в общую программу и для каждого вводимого значения по формуле (2) рассчитывается погрешность итерации  $\sigma_{итер}$ . Из всего массива значений  $\sigma_{итер}$  автоматически выбирается минимальное значение, при котором считается, что трансцендентное уравнение (1) решено с достаточной точностью.

Проверка модели и расчетного алгоритма на адекватность произведена на основе экспериментальных данных, полученных сотрудником ТИПРО Е.А. Захаровым при проведении учетных траловых съемок донным тралом ДТ 27,1/24,4 м и разноглубинным тралом РТ 80/396 м на научно-исследовательских судах НИС «Профессор Кагановский» и «ТИПРО» в период с 2012 по 2015 г. Данные о геометрических и силовых параметрах траловой системы в этих съемках получены с помощью акустической бескабельной системы контроля орудий лова норвежской фирмы «Scanmag» [Захаров, Емелин, 2016].

Степень адекватности модели оценивали с помощью величины погрешности между экспериментальными и расчетными данными по формуле

$$100\% \left| \frac{Y_{доc(эксн)} - Y_{доc(расч)}}{Y_{доc(эксн)}} \right| = \sigma_{мод}, \quad (3)$$

где  $Y_{доc(эксн)}$ ,  $Y_{доc(расч)}$  — экспериментальные и рассчитанные по модели значения половины расстояния между досками;  $\sigma_{мод}$  — погрешность расчетов по модели.

## Результаты и их обсуждение

При расчетах рабочих параметров элементов траловой системы самым трудоемким процессом, не поддающимся автоматизации, является процесс выборки из чертежей конструктивных характеристик тралов, служащих для вычисления фиктивной площади, сплошности и площади нитей канатной и сетной оболочки трала. Эти характеристики в свою очередь определяют гидродинамическое сопротивление и распорную силу составных частей трала (крыльев, мотни и мешка). К настоящему времени разработано большое количество методов вычисления гидродинамического сопротивления сетных оболочек произвольной формы, к которым можно отнести и сетную оболочку трала. Нами выявлено [Кручинин, Сафронов, 2011], что наиболее адекватными из них являются методы замены пространственной сети ее плоским эквивалентом [Фридман, 1981; Розенштейн, 2000; Недоступ, 2010] и определения сопротивления конусообразных сетей [Обвинцев и др., 2005]. Оба метода предполагают расчет средневзвешенных значений шага ячеи, диаметра нитей, коэффициентов посадки и сплошности сетной оболочки в различных частях трала, с учетом которых вычисляются гидродинамические коэффициенты  $C_x$  и  $C_y$ .

Учитывая вышеизложенное, структурно-функциональная схема программного комплекса расчета рабочих параметров траловой системы должна включать базы данных (БД) траловой документации, выбранных из нее конструктивных характеристик тралов, а также рассчитанных для каждого трала средневзвешенных значений элементов канатной и сетной оболочек тралов. Схема приведена на рис. 1, где стрелками указано направление движения данных.

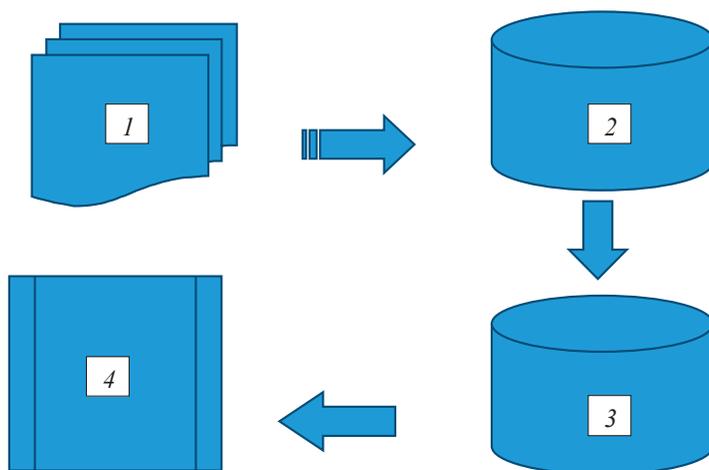


Рис. 1. Структурно-функциональная схема программного комплекса расчета рабочих параметров траловой системы: 1 — БД траловой документации; 2 — БД конструктивных характеристик тралов; 3 — БД средневзвешенных значений элементов канатной и сетной оболочек тралов; 4 — программа расчета рабочих параметров траловой системы

Fig. 1. Structural and functional scheme of software package for calculation of operating parameters of trawling system: 1 — database of trawl documentation; 2 — database of design characteristics of trawls; 3 — database of weighted average values of the elements of the cable and net shells of trawls; 4 — calculation block

Не вдаваясь подробно в описание структуры баз данных, остановимся на программе расчета рабочих параметров траловой системы, алгоритм которой заключается в следующем:

- вводятся размерно-массовые характеристики элементов траловой системы;
- вводятся условия траления (скорость  $V_{mp}$  и глубина  $H_{mp}$ ), длина вытравленных ваеров ( $L_{ваер}$ );
- вводится значение  $Y_{doc(ваер)}$  на основе которого производится расчет силовых характеристик сетной оболочки трала с оснасткой, кабелей, распорных досок и ваеров;

- на основе данных об условиях траления, о размерно-массовых и силовых характеристиках элементов траловой системы вычисляется итерационное значение  $Y_{доc (итер)}$ ;
- вводится алгоритм минимизации погрешности итерации;
- после нахождения минимального значения  $\sigma_{итер}$  на экран выводится графическое изображение геометрии траловой системы в проекции на плоскость XY, а также значения рабочих параметров траловой системы (расстояние между досками, расстояние между крыльями, горизонтальное раскрытие в устье трала).

Блок-схема алгоритма расчета рабочих параметров траловой системы представлена на рис. 2.



Рис. 2. Блок-схема алгоритма расчета рабочих параметров траловой системы

Fig. 2. Block scheme of the algorithm for calculation of operating parameters of trawling system

Необходимо отметить, что приведенная блок-схема пригодна как для донной, так и для разноглубинной траловых систем с той лишь разницей, что значения  $R_y$  и  $R_T$  для донных тралов рассчитываются как сумма гидродинамических и грунтодинамических сил траловых досок, кабелей и деталей оснастки трала, а для разноглубинных — учитываются только гидродинамические силы элементов траловой системы.

Графические изображения геометрии донной траловой системы (на примере тралов ДТ 27,1/24,4 м и РТ 80/396 м) при тралениях на различных глубинах ( $H_{тр}$ ) с разной скоростью ( $V_{тр}$ ) и длиной ваеров ( $L_{ваер}$ ) показаны на рис. 3. Там же приведены данные о расстоянии между досками ( $Y_{дос}$ ) и о горизонтальном раскрытии по крыльям и в устье трала ( $Y_{кр}$ ,  $Y_{уст}$ ), полученные в результате расчета по вышеприведенному алгоритму. Отметим, что погрешность итерации в приведенных ниже примерах не превышает 0,05 %.

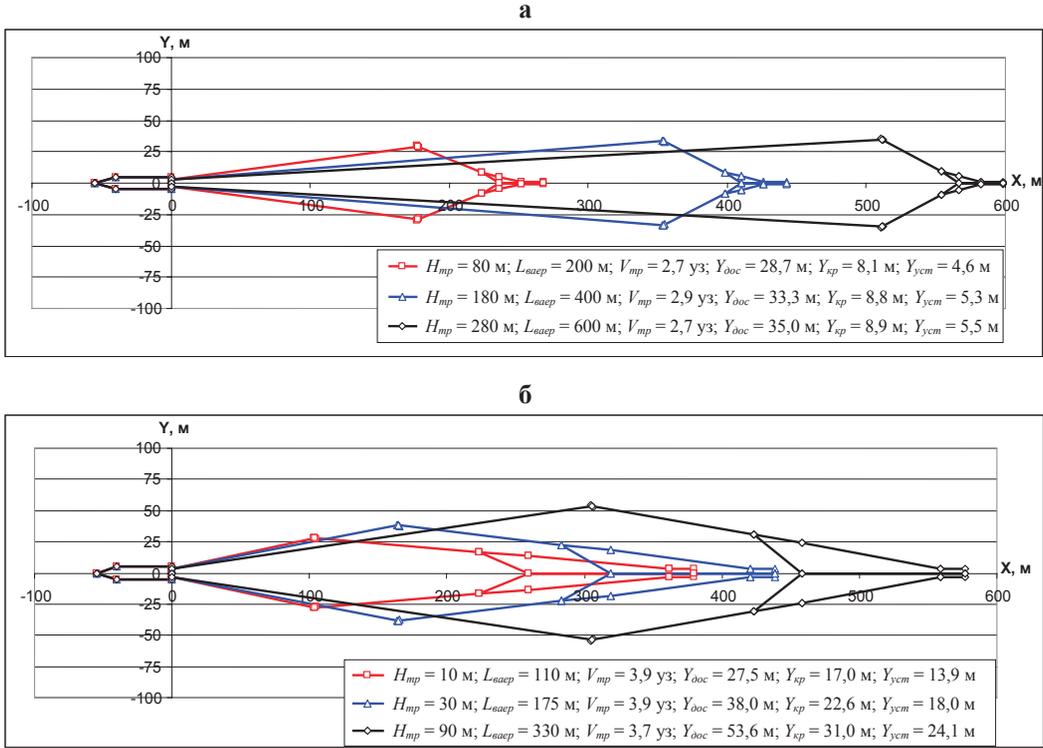


Рис. 3. Графические изображения геометрии траловой системы в проекции на плоскость XY: **а** — ДТ 27,1/24,4 м; **б** — РТ 80/396 м

Fig. 3. Graphic images of trawl systems geometry in projection on XY plane: **а** — trawl DT 27.1/24.4 m; **б** — trawl RT 80/396 m

На рис. 4 показаны экспериментальные и расчетные значения расстояния между досками в зависимости от глубины траления.

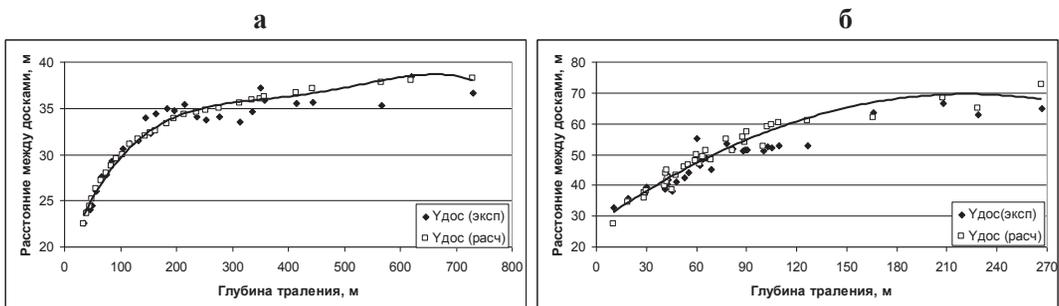


Рис. 4. Экспериментальные и расчетные значения расстояния между досками: **а** — ДТ 27,1/24,4 м; **б** — РТ 80/396 м

Fig. 4. Experimental and modeled values of the distance between the trawl boards: **а** — ДТ 27.1/24.4 m; **б** — РТ 80/396 m

Данные рис. 4 указывают на удовлетворительную сходимость экспериментальных и расчетных значений расстояния между досками. Величина погрешности для трала

ДТ 27,1/24,4 м в отдельных диапазонах глубин траления колеблется от 0,1 до 7,0 % и в среднем составляет 2,5 %. Для трала РТ 80/396 м разброс величины погрешности более существенен: от 0,5 до 12,0 %, однако в среднем погрешность составляет 5,3 %. Полученные результаты указывают на вполне приемлемую адекватность разработанной математической модели и алгоритма расчета рабочих параметров траловой системы.

### **Заключение**

В процессе создания алгоритмической схемы расчета рабочих параметров траловых систем разработана математическая модель для определения силовых и геометрических параметров донной траловой системы, отличающаяся тем, что в ней учитывается влияние грунта на сопротивление и распорную силу элементов донной траловой системы. Другое отличие заключается в экспериментально подтвержденном допущении, что линия образующей трала не является продолжением линии кабелей, а поэтому углы атаки различных частей сетной оболочки трала (крыльев и мотни) неодинаковы.

Отработка математической модели и расчетного алгоритма в программе Microsoft®Office Excel выявила удовлетворительную сходимость расчетных и экспериментальных данных, что может указывать на приемлемую адекватность разработанной модели. Алгоритм и программа расчета рабочих параметров траловых систем может использоваться при проектировании тралов, при проведении учетных работ для определения горизонтального раскрытия тралов, а также в учебном процессе при подготовке специалистов промышленного рыболовства.

### **Благодарности**

Авторы благодарны проф. М.А. Мизюркину за ценные замечания, которые были учтены при подготовке настоящей рукописи к печати.

### **Финансирование работы**

Результаты настоящего исследования были получены в рамках выполнения государственной работы «Осуществление государственного мониторинга водных биологических ресурсов во внутренних водах, в территориальном море Российской Федерации, на континентальном шельфе Российской Федерации и в исключительной экономической зоне Российской Федерации, в Азовском и Каспийском морях (раздел 2 государственного задания ФГБНУ «ВНИРО» № 076-00005-19-00)», подтема 4.4.7.14 «Оценка состояния, распределения, численности и воспроизводства водных биоресурсов и среды их обитания».

Исследование не имело спонсорской поддержки.

### **Соблюдение этических стандартов**

Авторы заявляют, что данный обзор литературы не содержит собственных экспериментальных данных, полученных с использованием животных или с участием людей. Библиографические ссылки на все использованные в обзоре данные других авторов оформлены в соответствии с ГОСТом.

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

### **Информация о вкладе авторов**

Е.А. Захаров собрал, обработал и предоставил массив данных по параметрам траловых систем, полученных на научно-исследовательских судах с помощью аппаратуры «Scanmag».

О.Н. Кручинин проанализировал методы расчета геометрических и силовых параметров элементов траловой системы, определил наиболее адекватные из них и разработал схему расчета в программе Microsoft®Office Excel.

Д.Л. Шабельский разработал блок-схемы расчета рабочих параметров траловой системы и алгоритма минимизации погрешности итераций и апробировал их в программе Microsoft®Office Excel с привлечением языка программирования Visual Basic.

## Дополнительная информация

Экспериментальные данные, полученные при проведении учетных траловых съемок донным тралом ДТ 27,1/24,4 м и разноглубинным тралом РТ 80/396 м на научно-исследовательских судах НИС «Профессор Кагановский» и «ТИНРО» в период с 2012 по 2015 г., могут быть предоставлены авторами по запросу.

## Список литературы

- Баранов Ф.И.** Избранные труды : В 4 т. — М. : Пищ. пром-сть, 1969. — Т. 1 : Техника промышленного рыболовства : моногр. — 720 с.
- Веденеев В.Л.** Исследование влияния грунта на работу траловых распорных устройств : дис. ... канд. техн. наук. — Калининград : КТИРПХ, 1974. — 110 с.
- Веденеев В.Л.** Методика учета влияния грунта на работу траловых досок : ЭИ ЦНИИ-ТЭИРХ. Сер. Промрыболовство. — 1975. — Вып. 5. — 20 с.
- Заферман М.Л.** Основные принципы инструментального метода определения коэффициента уловистости // Тез. докл. 9-й всерос. конф. по проблемам рыбопромыслового прогнозирования. — Мурманск : ПИНРО, 2004. — С. 9–10.
- Захаров Е.А., Емелин П.О.** Актуальность использования аппаратуры контроля орудий лова для снижения погрешности в оценке численности гидробионтов // Изв. ТИНРО. — 2016. — Т. 186. — С. 198–206.
- Захаров Е.А., Кручинин О.Н.** Некоторые уточнения метода расчета параметров донной траловой системы // Изв. ТИНРО. — 2016. — Т. 184. — С. 253–263.
- Коротков В.К.** Положение турбулентных шлейфов относительно кабелей и их влияние на поведение рыб в зоне облова // Рыб. хоз-во. — 1973. — № 6. — С. 46–50.
- Коротков В.К.** Реакция рыб на трал, технология их лова : моногр. — Калининград : ЭКБ АО «МАРИНПО», 1998. — 397 с.
- Коротков В.К.** Эффективность отпугивания рыб кабелями донного трала // Рыб. хоз-во. — 1978. — № 2. — С. 57–59.
- Кручинин О.Н., Волвенко И.В., Сафронов В.А.** Расчет геометрии донных тралов по их проектным характеристикам // Изв. ТИНРО. — 2012. — Т. 170. — С. 241–255.
- Кручинин О.Н., Мизюркин М.А., Сафронов В.А.** Способ определения коэффициентов уловистости донного трала // Изв. ТИНРО. — 2011. — Т. 164. — С. 374–383.
- Кручинин О.Н., Сафронов В.А.** Адекватность методов вычисления гидродинамического сопротивления сетей пространственной формы // Мат-лы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию В.С. Калиновского. — Владивосток : Дальрыбвтуз, 2011. — С. 238–244.
- Лапшин О.М.** Теория, методология и практика учетных рыболовных систем : автореф. дис. ... д-ра техн. наук. — М. : ВНИРО, 2009. — 48 с.
- Недоступ А.А.** Методы расчета сетных пассивных орудий внутреннего и прибрежного рыболовства : моногр. — Калининград : КГТУ, 2010. — 280 с.
- Обвинцев А.Л., Люторович В.М., Батров В.Г.** Исследование гидродинамических характеристик конусообразных сетей // Промышленное рыболовство. — Калининград : КГТУ, 2005. — С. 66–73.
- Розенштейн М.М.** Механика орудий рыболовства : учеб. — Калининград : КГТУ, 2000. — 363 с.
- Розенштейн М.М.** О выборе оптимальной конструкции траловой доски при проектировании донного трала // Мат-лы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 85-летию А.Л. Фридмана. — Калининград : КГТУ, 2010. — С. 276–283.
- Розенштейн М.М., Савин М.В., Моисеев Д.Л.** О форме канатно-сетной части разноглубинного трала // Рыб. хоз-во. — 2013. — № 4. — С. 89–90.
- Рыкунов Э.М.** Расчет рабочих параметров траловых систем с учетом создаваемых распорными досками гидродинамических следов // Промышленное рыболовство. — Владивосток : ТИНРО, 1973. — Вып. 4. — С. 3–14.
- Сафронов В.А., Кручинин О.Н., Захаров Е.А.** Метод расчета угла атаки кабелей донного трала // Изв. ТИНРО. — 2013. — Т. 173. — С. 269–279.
- Сеславинский В.И.** Грунты — область взаимодействия тралирующих орудий лова // Изв. ТИНРО. — 1975. — Т. 94. — С. 184–194.
- Фридман А.Л.** Теория и проектирование орудий промышленного рыболовства : учеб. — 2-е изд., перераб и доп. — М. : Лег. и пищ. пром-сть, 1981. — 328 с.

## References

- Baranov, F.I.**, Selected Works of T. 1. Technique of industrial fishing. Moscow: Food industry, 1969.
- Vedenev, V.L.**, Investigation of the effect of soil on the work of trawl expansion devices, Diss. Cand. tech. sciences. Kaliningrad: KTIRPH, 1974.
- Vedenev, V.L.**, Methods of accounting for the effect of soil on the work of trawl boards, EI ser. "Promrybolovstvo", vol. 5. M.: NIITEIRH, 1975. — 20 p.
- Zaferman, M.L.**, The basic principles of the instrumental method for determining the coefficient of catchability, Proc. reports IX All-Russian Conf. on problems fish-word forecasting. Murmansk: PINRO, 2004, pp. 9–10.
- Zakharov, E.A., Emelin, P.O.**, Relevance of using the equipment for control of fishing gear to reduce inaccuracy in evaluation of marine organisms abundance, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2016, vol. 186, pp. 198–206.
- Zakharov, E.A., Kruchinin, O.N.**, Some updates to the method for calculation of parameters of bottom trawl system, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2016, vol. 184, pp. 253–263.
- Korotkov, V.K.**, The position of turbulent plumes with respect to cables and their influence on the behavior of fish in the fishing zone, *Rybn. Khoz.*, 1973, no. 6, pp. 46–50.
- Korotkov, V.K.**, The reaction of fish on the trawl, the technology of their fishing. Kaliningrad: AO MARINPO, 1998.
- Korotkov, V.K.**, Efficiency of scaring fish with bottom trawl cables, *Rybn. Khoz.*, 1978, no. 2, pp. 57–59.
- Kruchinin, O.N., Volvenko, I.V., Safronov, V.A.**, Calculation of the bottom trawls geometry by their design parameters, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2012, vol. 170, pp. 241–255.
- Kruchinin, O.N., Mizyurkin, M.A., Safronov, V.A.**, Definition of catchability coefficient for bottom trawl, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2011, vol. 164, pp. 374–383.
- Kruchinin, O.N., Safronov, V.A.**, Adequacy of methods for calculating the hydrodynamic resistance of networks of spatial form, Materials of int. scientific and practical conf., dedicated. 100th anniversary of V.S. Kalinowski. Vladivostok: Dalrybvuz Federal State Educational Institution of Higher Professional Education, 2011, pp. 238–244.
- Lapshin, O.M.**, Theory, methodology and practice of accounting fishing systems, Abstract of dissertation for the degree of doctor of technical sciences. Moscow: VNIRO, 2009.
- Nedostup, A.A.**, Methods for calculating net passive tools of inland and coastal fisheries: Monograph. Kaliningrad: Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "KSTU", 2010.
- Obvintsev, A.L., Lyutorevich, V.M., Batrov, V.G.**, Investigation of the hydrodynamic characteristics of the cone-shaped networks, Industrial fishing. Kaliningrad: Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "KSTU", 2005, pp. 66–73.
- Rozenshtein, M.M.**, Mechanics of fishing gear. Kaliningrad: KSTU, 2000.
- Rozenshtein, M.M.**, On the choice of the optimal design of the trawl doors when designing the bottom trawl // Materials of the int. scientific and practical conf., dedicated. 85th anniversary of A.L. Friedman. Kaliningrad: KGTU, 2010, pp. 276–283.
- Rosenstein, M.M., Savin, M.V., Moiseev, D.L.**, On the form of cable-net parts of a midwater trawl, *Rybn. Khoz.*, 2013, no. 4, pp. 89–90.
- Rykunov, E.M.**, Calculation of the operating parameters of the trawling systems, taking into account the hydrodynamic traces created by the expansion boards, Industrial fishing. Vladivostok: TINRO, 1973, vol. 4, pp. 3–14.
- Safronov, V.A., Kruchinin, O.N., Zakharov, E.A.**, Method for calculation the angle of attack for cables of bottom trawl, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2013, vol. 173, pp. 269–279.
- Seslavinsky, V.I.**, Bottom grounds — the field of interaction trawl fishing gear, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1975, vol. 94, pp. 184–194.
- Friedman, A.L.**, Theory and design of commercial fishing gear. Moscow, Light and Food Industry, 1981.

Поступила в редакцию 6.05.2019 г.

После доработки 5.06.2019 г.

Принята к публикации 26.07.2019 г.