



Рыболовство

Моделирование характеристик донного сетного трала

А.А. Недоступ, А.О. Ражев, П.В. Насенков

Калининградский государственный технический университет (ФГБОУ ВО «КГТУ»), Советский пр-т, д.1, г. Калининград, 236022
pavel.nasenkov@klgtu.ru

SPIN-коды: Недоступ А.А.— 7035–5279; Ражев А.О.— 4535–5888; Насенков П.В.— 7434–6253

Целью работы является создание программного обеспечения для расчёта конструктивных, геометрических и силовых характеристик сетных донных траловых конструкций, предназначенного для моделирования технологических и гидродинамических процессов траловых конструкций.

Используемые методы: программное обеспечение «Расчёт конструктивных, технологических и силовых характеристик сетного донного трала» написано на языке C++ в среде разработки программного обеспечения Embarcadero RAD Studio и предназначено для работы в операционной системе Microsoft Windows 10.

Новизна: по результатам экспериментальных исследований впервые был проведён анализ математических и имитационных моделей механики траловых конструкций и разработано (ПО), позволяющее рассчитывать характеристики сетных траловых конструкций, включая материальные затраты на изготовление траловых конструкций.

Результат: ПО отображает статический процесс траления сетного донного трала, а также выходные технологические (для технолога), геометрические и силовые (для проектировщика) характеристики.

Практическая значимость: разработанное ПО в дальнейшем предполагается использовать в качестве модуля тренажера для обучения добытчиков гидробионтов, мастеров добычи и помощников капитанов по добыче.

Ключевые слова: донный трал, компьютерная программа, конструктивные, силовые, геометрические характеристики.

Modeling the characteristics of a bottom trawl

Alexander A. Nedostup, Aleksey O. Razhev, Pavel V. Nasenkov

Kaliningrad State Technical University (FSBEI HE «KSTY»), 1, Sovetsky Prospekt, Kaliningrad, 236022, Russia

The purpose of the work is to create software for calculating the structural, geometric and strength characteristics of mesh bottom trawl structures, intended for modeling technological and hydrodynamic processes of trawl structures.

Methods used: The software “Calculation of the structural, technological and power characteristics of a bottom mesh trawl” is written in C++ in the Embarcadero RAD Studio software development environment and is designed to run on the Microsoft Windows 10 operating system.

Novelty: based on the results of experimental studies, mathematical and simulation models of the mechanics of trawl structures were analyzed for the first time and software was developed that allows calculating the characteristics of mesh trawl structures, including material costs for the manufacture of trawl structures.

Result: The software displays the static process of trawling a mesh bottom trawl, as well as the output technological (for the technologist), geometric and power (for the designer) characteristics.

Practical significance: the developed software is expected to be used in the future as a simulator module for training aquatic organisms getters, trawl masters and assistant captains for production.

Keywords: bottom trawl, computer program, design, power, geometric characteristics.

ВВЕДЕНИЕ

Донная траловая система включает в себя донный трал, траловые доски, грунтотроп, оснастку, кабельную линию, ваера и датчики контроля. Движение траловых досок, а также грунтотропа и ваеров, по грунту, при врезаии в него увеличивает суммарное сопротивление донных тралов и износ этих деталей. Следовательно, могут быть последствия для окружающей среды, а также воздействие на эффективность и безаварийность

донной траловой системы и промысловых операций с ней, что влияет на выбросы оксидов азота, оксидов серы и парниковых газов [Биденко, 1971; Веденеев, 1975; Середин, Сысолятин, 2015; Мизюркин, 2012; Недоступ, Ражев, 2022].

Для снижения негативного воздействия донного траления на морскую экосистему необходимо: минимизировать воздействия тралов на донные экосистемы (проведение полноценной оценки воздействия

на донные сообщества, организация закрытых для донных тралений акваторий, снижение количества траулеров); разработать и внедрить новые системы управления и регулирования морскими экосистемами [Греков, Павленко, 2011].¹ Общая политика мирового сообщества в области рыболовства предусматривает, что управление рыболовством осуществляется с точки зрения экосистемы и что учитывается воздействие донных траловых систем на окружающую среду. Следовательно, для рационального и эффективного управления траловым промыслом необходимо иметь возможность количественно измерять влияние донных тралов на бентос водоёма [Коротков, 1971, 1998; Вадюнина, Корчагина 1986; Fryer et al., 2017; O'Neill et al., 2018; Rijnsdorp et al., 2020; 2021].

Важной составляющей Стратегии развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации является определение политики в области щадящего рыболовства и реализация её путём продвижения конкурентоспособного, экологически устойчивого и экономически выгодного рыболовства. Особый вклад в развитие устойчивого рыболовства внесут показатели, касающиеся физического воздействия донного тралового промысла на бентос водоёма, и как он влияет на среду обитания и целостность морского дна. Предполагается, что предложения по донному траловому промыслу будут использоваться для принятия решений в отношении разрешённой промысловой деятельности. Это позволит рыбохозяйственному комплексу Российской Федерации подготовиться к будущим мерам управления и отреагировать на них, модифицировать свои донные тралы, разработать элементы донных траловых систем с меньшим воздействием на бентос водоёма и соответствующим образом выбрать методы тралового промысла. Таким образом, обеспечивается постоянный доступ к рыболовным участкам и обеспечивается экологически устойчивая и экономически выгодная эксплуатация донных и придонных скоплений гидробионтов [Breimann et al., 2022].

На сегодняшний день большинство исследований и методологий оценки воздействия донных тралов на бентос различаются по типу и оснастке тралов. Чтобы правильно проектировать и эксплуатировать донные траловые системы с уменьшенным воздействием на бентос, необходимо учитывать их влияние на уровне отдельных элементов траловой системы (траловых

досок, грунтропа и кабелей) и на уровне отдельных компонентов и типов отложений на дне водоёма (глубине хода траловых досок, грунтропа и кабелей).

В условиях промысла основными задачами по эксплуатации траловых конструкций являются:

- настройка трала (для максимальной уловистости трала);
- настройка траловых досок;
- настройка оснастки верхней подборы;
- настройка оснастки нижней подборы – грунтропа;
- обоснование скорости траления;
- тяговые характеристики судна;
- и др.

Для решения указанных задач, а также с целью импортозамещения программных продуктов, Калининградским государственным техническим университетом совместно с МИП «Лаборатория цифровых технологий» предлагается поэтапное импортозамещение существующих универсальных программных продуктов. С этой целью указанными организациями ведётся комплекс научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию отечественного отраслевого программного обеспечения.

Цель работы – апробация возможности применения разработанного программного обеспечения для расчёта конструктивных, геометрических и силовых характеристик сетных донных траловых конструкций, предназначенного для моделирования технологических и гидродинамических процессов траловых конструкций (ТК).

Расчёт вышеуказанных характеристик необходим добытчикам гидробионтов, тралмастерам и помощникам капитанов по добыче, а также проектировщикам траловых конструкций. Выполнение расчётных операций является неотъемлемой частью учебного процесса подготовки специалистов среднего и высшего звена – промысловых рыбаков и судоводителей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Остановимся на конструктивных, геометрических и силовых характеристиках сетных донных траловых конструкций. К таким характеристикам относятся: циклы кройки сетных пластин, масса сетных пластин, размеры сетных пластин, гидродинамическая сила сопротивления ваеров, кабелей, оснастки и сетной части траловой конструкции, вес траловой доски и грунтропа.

При расчёте и проектировании траловых конструкций для рыболовных судов и составлении тематического обеспечения траления траловых конструкций необходимо учитывать их формоизменяе-

¹ Греков А.А., Павленко А.А. 2011. Сравнение ярусного и тралового донных видов промысла в Баренцевом море для разработки предложений по устойчивому использованию морских биоресурсов Баренцева моря // Технический отчёт WWF. № 4. Москва-Мурманск: Всемирный фонд дикой природы (WWF). 52 с.

мость, как объекта эксплуатации: сложный характер гидродинамических процессов, протекающих на многочисленных элементах траловых конструкций (канатных связей, сетных пластин, деталей оснастки); сложные технологические процессы при изготовлении сетных пластин; наличие жёстких ограничений на прочностные характеристики сетематериалов; наличие большого числа параметров, многие из которых оказывают влияние на агрегатное сопротивление траловой системы; сложное взаимодействие траловых досок с грунтом; сложное взаимодействие грунтотрапа с грунтом [Недоступ, Ражев, 2021].

Программное обеспечение «Расчёт конструктивных, технологических и силовых характеристик сетного донного трала» написано на языке C++ в среде разработки программного обеспечения Embarcadero RAD Studio и предназначено для работы в операционной системе Microsoft Windows 10 [Оберг, 2000; Боресков, 2006; Евченко, 2006; Афанасьев, 2007; Салибемян, Панфилов, 2011; Varcholik, 2014; LaViola et al., 2017; Страуструп, 2019]. Программа представляет собой выполняемый EXE файл, запускаемый в операционной системе. Элементы интерфейса программы являются стандартными для операционной системы Windows и не требуют от пользователя дополнительных навыков и знаний. В компьютерной программе «Расчет конструктивных, технологических и силовых характеристик сетного донного трала» предусмотрен

расчет: технологических операций (приемов) по расчёту циклов кройки сетных пластин; длины верхней подборы; полупериметра устья трала; массы сетных пластин; массы трала; гидродинамического сопротивления ваера; гидродинамического сопротивления траловой доски; гидродинамического сопротивления оснастки верхней подборы; грунтодинамического сопротивления грунтотрапа; агрегатного сопротивления траловой системы. Предусмотрена отработка реакции системы на взаимодействие траловых досок с грунтом, что является неотъемлемой процедурой проектирования донного трала при щадящем взаимодействии на грунт водоёма элементов траловой системы. При запуске программы открывается главное окно и первая страница программы «Конструкция» (рис. 1). Основную часть окна занимает изображение входных параметров и фона – сетного донного трала. На данной странице вносятся входные параметры траловой конструкции: шаг ячеи, диаметр ниток (верёвок), количество ячеек сетных пластин, количество пластей, посадочный коэффициент по гужу трала, масса одного кв. метра фиктивной площади сетных пластин. На странице выводятся выходные конструктивные и технологические характеристики тралового комплекса: геометрические размеры сетных пластин, масса сетных пластин, технологические параметры сетных пластин – циклы кройки, а также номер трала.

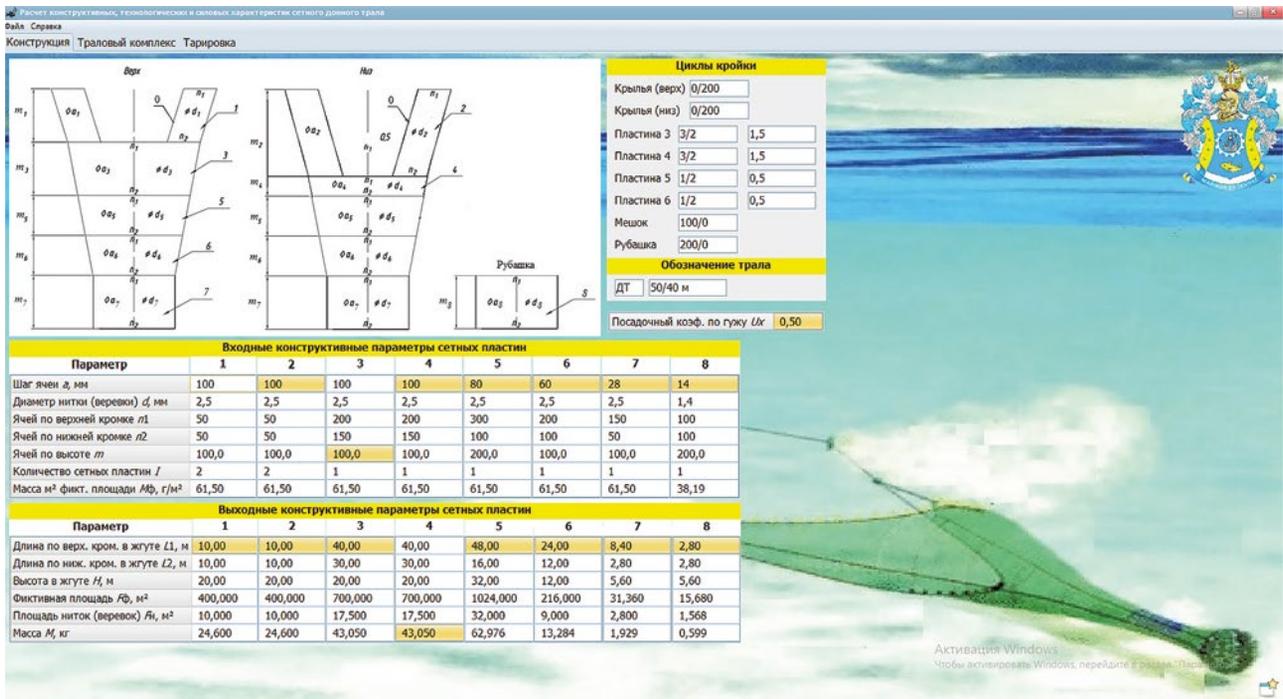


Рис. 1. Страница «Конструкция»
 Fig. 1. The page «Design»

На рис. 2 изображена страница «Траловый комплекс», куда вносятся входные параметры тралового комплекса: количество и диаметр кухтылей оснастки верхней подборы, площадь и толщина щита траловой доски, оснастка нижней подборы, диаметр и длина вытравленного ваера. Приводится заданное условие – отношение полуосей устья трал. На странице «Траловый комплекс» также выводятся выходные конструктивные и геометрические характеристики тралового комплекса: длина верхней подборы, полупериметр устья трала по гужу, площадь устья трала, площадь фиктивная и площадь ниток сетной части трала. На данной странице также выводятся выходные силовые характеристики тралового комплекса: масса сетной части трала, гидродинамический коэффициент сопротивления траловой оболочки, силы сопротивления оснастки верхней подборы, ваеров, траловой оболочки, траловых досок, грунттропа, а также агрегатное сопротивление тралового комплекса. На данной странице выводятся массы оснастки тралового комплекса, а также вес в воде.

На рис. 3 изображена страница «Тарировка». На данной странице выводятся выходные силовые характеристики тралового комплекса: агрегатное сопротивление в зависимости от скорости траления рыболовного судна, располагаемая тяга которого выбирается из базы данных компьютерной программы.

В правой верхней части на данной странице расположены графики зависимости необходимой длины ваера от скорости траления, а также расстояния хода траловой доски (расстояние от кормы судна до траловой доски) от скорости траления.

При загрузке ПО «Расчёт конструктивных, технологических и силовых характеристик сетного донного трала» выводятся на экран первоначальные загрузки донного трала для судна типа СРТР.

Впоследствии на основе входных параметров возможно рассчитывать конструктивные, технологические и силовые характеристики сетных донных тралов. Также можно обосновано подбирать сетные части трала и его оснастку для соответствующего рыболовного судна. При заданной скорости траления можно подбирать длину ваеров и др. Вариантов заданий может быть большое количество и зависят они от постановки задачи: оптимизационный технологический раскрой сетных пластин трала, экономия материала, подбор оснастки для обеспечения раскрытия устья трала, выбор скорости буксировки трала, длины ваера для эффективного траления.

Пользовательское меню главного окна позволяет управлять ПО, вызывать окна индикации параметров математической модели и окна настройки траловой конструкции. Запуск ПО «Расчёт конструктивных, технологических и силовых характеристик сетного дон-

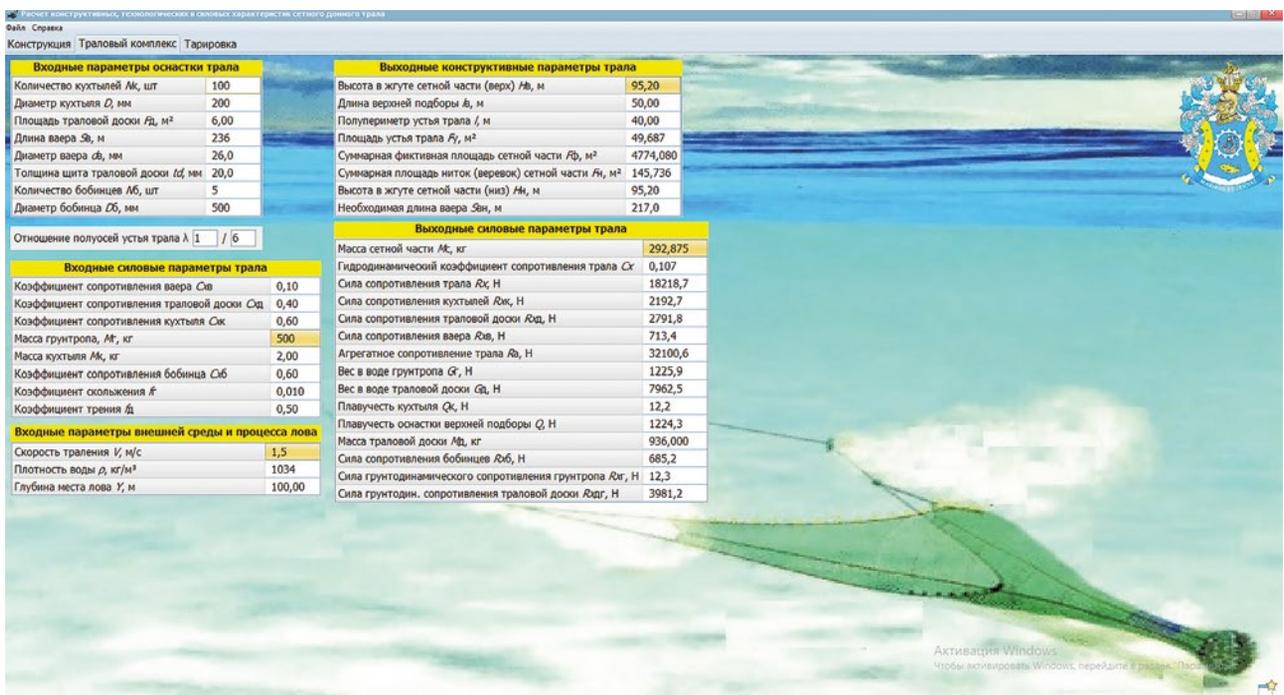


Рис. 2. Страница «Траловый комплекс»
 Fig. 2. The page «Trawl system»

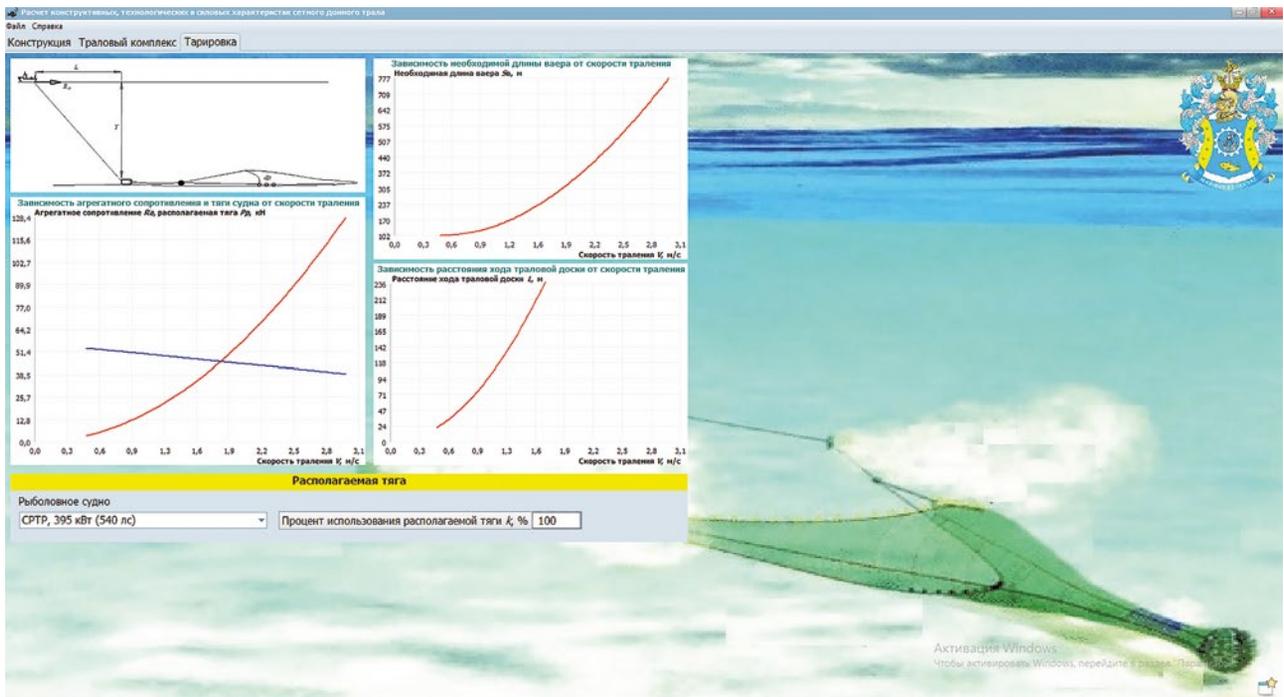


Рис. 3. Страница «Тарировка»
Fig. 3. The page «Calibration» of the software»

ного трала» невозможен без ввода параметров сетных пластин трала, характеристик деталей оснастки, плотности воды, скорости траления. Поэтому при первом запуске программы эти окна автоматически открываются поверх главного окна. Окно ввода параметров траловой конструкции (рис. 2) используется для ввода геометрических и физических параметров трала.

Для сохранения входных параметров в файл и чтения их из файла имеются кнопки «Сохранить задание», «Загрузить задание». Файл сохраняется в текстовом формате xml [Hunter et al. 2007]. Все входные параметры записываются в той последовательности, в которой они представлены на страницах приложения.

Для вывода входных параметров и результатов расчёта в приложении реализован функционал генерации отчёта с возможностью распечатки и экспорта в форматы pdf, docx, rtf.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В промышленном рыболовстве донные тралы признаны как одни из наиболее интенсивных орудий активного использования. На первоначальном этапе разработки донных траловых систем первостепенной задачей стоит составление списка эксплуатационных требований, которому донный трал должен будет удовлетворять. В общем случае список данных требований включает функциональные требования, т. е. перечень количественных показателей объекта

лова, на который направлено действие донного трала, показателей особых условий промысла и ограничений, при которых выполняется лов, затрат энергии, затрат на информацию, значение сил и т. п. Понимание данных процессов сможет позволить разработать такие эксплуатационные требования, которым донные тралы смогут полностью удовлетворять. Разработаны модели процессов эксплуатации донного тралового комплекса с учётом комплексного влияния антропогенных факторов и воздействия человеческого фактора на системы управления тралового комплекса.

На основе исследования математических моделей механики траловых конструкций и структуры системы технологических операций при конструировании тралов была разработана методика и создана компьютерная программа «Расчёт конструктивных, технологических и силовых характеристик сетного донного трала», позволяющие рассчитать и обосновать конструктивные, геометрические и силовые характеристики сетных траловых конструкций. К таким характеристикам относятся: циклы кройки сетных пластин, масса сетных пластин, размеры сетных пластин, гидродинамическая сила сопротивления ваеров, кабелей, оснастки и сетной части траловой конструкции. В предложенной методике предусмотрены возможности расчёта и вывода отчёта. Программа позволяет учащимся и эксплуатационникам приобрести навыки в механике и проектировании тралов, управлении та-

кими сложным инженерными и формоизменяемыми конструкциями как донные тралами, а также заменяет дорогостоящие программные комплексы.

Разработанное программное обеспечение в дальнейшем предполагается использовать в качестве модуля тренажёра для обучения добытчиков гидробионтов, мастеров добычи и помощников капитанов по добыче [Недоступ, Ражев, 2017]. По результатам экспериментальных исследований на разработанном программном обеспечении был проведён анализ адекватности математических и имитационных моделей механики траловых конструкций. Рассмотренное программное обеспечение позволяет пользователю интерактивно подбирать входные параметры донного тралового комплекса ориентируясь как на расчётные выходные параметры, так и на графическую визуализацию их зависимостей, в т. ч. подбирать располагаемую тягу судна при тралении. Программное обеспечение также отображает выходные технологические (для технолога), геометрические и силовые (для проектировщика) характеристики.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Исследование выполнено в рамках выполнения государственного задания по теме «Разработка физических, математических и предсказательных моделей процессов эксплуатации донного и разноглубинного траловых комплексов».

ЛИТЕРАТУРА

- Афанасьев В.О. 2007. Системы 3D-визуализации индуцированной виртуальной среды. Автореф. дисс ... докт. физ.-мат. наук. М.: МГУ им. Ломоносова. 36 с.
- Биденко Г.Е. 1971. Механика грунтов // Сб. трудов АтлантНИРО. Вып. 50. С. 33–54.
- Боресков А.В. 2006. Разработка и отладка шейдеров. СПб.: БХВ-Петербург. 173 с.
- Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. 1986. Методы исследования физических свойств почвы. М.: Агропромиздат. 416 с.
- Веденев В.Л. 1975. Методика учёта влияния грунта на работу траловых досок // Промышленное рыболовство: Экспресс-информация НИИТЭИРХ. Вып. 5. 20 с.
- Евченко А.И. 2006. OpenGL и DirectX. Программирование графики. СПб.: Питер. 350 с.
- Коротков В.К. 1972. Трал, поведение объекта лова и подводные наблюдения за ними. М.: Пищ. пром-ть. 271 с.

- Коротков В.К. 1998. Реакция рыб на трал, технология их лова. Калининград: СЭКБ АО «МАРИНПО». 397 с.
- Мизюркин М.А. 2012. Влияние угла атаки траловых досок на сопротивление и геометрические параметры донной траловой системы // Известия КГТУ. № 24. С. 158–165.
- Недоступ А.А., Ражев А.О. 2017. Математическая модель взаимодействия распорной траловой доски с водной средой // Морские интеллектуальные технологии. № 3 (37) Т. 1. С. 154–157.
- Недоступ А.А., Ражев А.О. 2021. Производительность сил траловой системы: Постановка задачи // Вестник Астраханского ГТУ. Серия: Рыбное хозяйство. № 2. С. 55–65.
- Недоступ А.А., Ражев А.О. 2022. Критерий, характеризующий степень воздействия траловой доски на бентос водоёма // Сб. статей по Мат. 49 межд. науч.-практ. конф. «Вопросы технических и физико-математических наук в свете современных исследований». Новосибирск: Сибирская академия книги. С. 26–30.
- Оберг Р.Дж. 2000. Технология СОМ+. Основы и программирование. М.: Изд-во «Вильямс». 480 с.
- Салибекян С.М., Панфилов П.Б. 2011. Построение распределённых гетерогенных вычислительных систем на базе объектно-атрибутивной архитектуры // Объектные системы. № 5(5). С. 83–88.
- Страуструп Б. 2019. Язык программирования С++. Краткий курс. 2-е изд. СПб.: ООО «Диалектиак». 320 с.
- Fryer R.J., Summerbell K., O'Neill F.G. 2017. A meta-analysis of vertical stratification in demersal trawl gears // Canadian J. of Fisheries and Aquatic Sciences. 74 (8). P. 1243–1250.
- Hunter D., Rafter J., Fawcett J., Vlist E., Ayers D., Duckett J., Watt A., McKinnon L. 2007. Beginning XML. 4th Edition. Wiley Publishing, Inc. 1080 p.
- LaViola Jr., E. Kruijff, R. McMahan, D. Bowman, Poupyrev I. 2017. 3D User Interfaces. Theory and Practice. Second Edition. Addison-Wesley. 507 p.
- O'Neill, F. G., Summerbell, K., Ivanović, A. 2018. The contact drag of towed demersal fishing gear components // J. of Marine Systems. V. 177. P. 39–52.
- Rijnsdorp, A.D., Depestele, J., Eigaard, O.R., Hintzen, N.T., Ivanovic, A., Molenaar, P., O'Neill, F., Polet, H., Poos, J.J., van Kooten, T. 2020. Mitigating seafloor disturbance of bottom trawl fisheries for North Sea sole Solea solea by replacing mechanical with electrical stimulation // PLoS One. V. 15. No 11. P. e0228528.
- Rijnsdorp, A.D., Depestele, J., Molenaar, P., Eigaard, O.R., Ivanović, A., O'Neill, F.G. 2021. Sediment mobilization by bottom trawls: a model approach applied to the Dutch North Sea beam trawl fishery // ICES J. of Marine Science. 78(5). P. 1574–1586.
- Varcholik P. 2014. Real-Time 3D Rendering with DirectX and HLSL: A Practical Guide to Graphics Programming. Addison-Wesley Professional. 592 p.

REFERENCES

- Afanasyev V.O. 2007. Systems of 3D visualization of the induced virtual environment. Abstr. of the disser. doctor of Sciences in Phys.-Math. Moscow: MSU. 36 p. (In Russ.)
- Bidenko G.E. 1971. Soil mechanics. Sat. Proceedings of AtlantNIRO. Iss. 50. P. 33–54. (In Russ.)

- Boreskov A.V.* 2006. Development and debugging of shaders. St. Petersburg: BHV-Petersburg. 173 p. (In Russ.)
- Vadyunina A.F., Kortchagina Z.A.* 1986. Methods for studying the physical properties of soil. Moscow: Agropromizdat. 416 p. (In Russ.)
- Vedenev V.L.* 1975. Methodology for taking into account the influence of soil on the operation of trawl doors // Industrial fishing: Express information NIITEIRH. Iss. 5. 20 p. (In Russ.)
- Evchenko A.I.* 2006. OpenGL and DirectX // Graphics Programming. SPb.: Peter Publishing. 350 p. (In Russ.)
- Korotkov V.K.* 1972. Trawl, the behavior of the object of fishing and underwater observations of them. Moscow: Food industry. 271 p. (In Russ.)
- Korotkov V.K.* 1998. The reaction of fish to the trawl, the technology of their fishing. Kaliningrad: SEDD JSC «MARINPO». 397 p. (In Russ.)
- Mizyurkin M.A.* 2012. Influence of the angle of attack of trawl doors on the drag and geometrical parameters of the bottom trawl system // News of KSTU. No. 24. P. 158–165. (In Russ.)
- Nedostup A.A., Razhev A.O.* 2017. Mathematical model of the interaction of a spacer trawl door with the aquatic environment // Marine intellectual technologies. No. 3 (37) V.1. P. 154–157. (In Russ.)
- Nedostup A.A., Razhev A.O.* 2021. Productivity of the forces of the trawl system: Statement of the problem // Bulletin of the Astrakhan STU. Series: Fisheries. No. 2. P. 55–65. (In Russ.)
- Nedostup A.A., Razhev A.O.* 2022. A criterion characterizing the degree of impact of a trawl door on the benthos of a water body // Coll. of papers mat. of the 49 intern. scient. and pract. conf. «Issues of technical and physical and mathematical sciences in the light of modern research.» Novosibirsk: Siberian Academy of Books. P. 26–30. (In Russ.)
- Oberg R.J.* 2000. COM+ technology. Fundamentals and programming. Moscow: Williams Publishing. (Oberg R.J. 1999. Understanding & programming COM+ a practical guide to Windows 2000 DNA. Prentice Hall PTR). 480 p. (In Russ.)
- Salibekyan S.M., Panfilov P.B.* 2011. Construction of distributed heterogeneous computing systems based on object-attribute architecture // Object systems. No. 5(5). P. 83–88. (In Russ.)
- Stroustrup B.* 2019. The C++ Programming Language. Short course. 2nd ed. Sankt-Petersburg: OOO «Dialektika» (Stroustrup B. A Tour of C++. Boston et al.: Addison Wesley). 320 p. (In Russ.)
- Fryer R.J., Summerbell K., O'Neill F.G.* 2017. A meta-analysis of vertical stratification in demersal trawl gears // Canadian J. of Fisheries and Aquatic Sciences. 74(8). P. 1243–1250.
- Hunter D., Rafter J., Fawcett J., Vlist E., Ayers D., Duckett J., Watt A., McKinnon L.* 2007. Beginning XML. 4th Edition. Wiley Publishing, Inc. 1080 p.
- LaViola Jr., E. Kruijff, R. McMahan, D. Bowman, Poupyrev I.* 2017. 3D User Interfaces. Theory and Practice. Second Edition. Addison-Wesley. 507 p.
- O'Neill, F.G., Summerbell, K., Ivanović, A.* 2018. The contact drag of towed demersal fishing gear components // J. of Marine Systems. V. 177. P. 39–52.
- Rijnsdorp, A.D., Depestele, J., Eigaard, O.R., Hintzen, N.T., Ivanovic, A., Molenaar, P., O'Neill, F., Polet, H., Poos, J.J., van Kooten, T.* 2020. Mitigating seafloor disturbance of bottom trawl fisheries for North Sea sole *Solea solea* by replacing mechanical with electrical stimulation // PLoS One. V. 15. No 11. P. e0228528.
- Rijnsdorp, A.D., Depestele, J., Molenaar, P., Eigaard, O.R., Ivanović, A., O'Neill, F.G.* 2021. Sediment mobilization by bottom trawls: a model approach applied to the Dutch North Sea beam trawl fishery // ICES J. of Marine Science. 78(5). P. 1574–1586.
- Varcholik P.* 2014. Real-Time 3D Rendering with DirectX and HLSL: A Practical Guide to Graphics Programming. Addison-Wesley Professional. 592 p.

*Поступила в редакцию 06.03.2023 г.
Принята после рецензии 07.07.2023 г.*