

УДК 639.2.081: 658.5: 004.4

Методика определения характеристик сетных разноглубинных траловых конструкций

А. А. Недоступ¹, А. О. Ражев¹, П. В. Насенков¹

¹ ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»

КОРРЕСПОНДЕНЦИЯ:**Недоступ Александр Алексеевич**

Адрес: 236022, г. Калининград, Советский проспект, д.1
E-mail: nedostup@klgtu.ru

ЗАЯВЛЕНИЕ О ДОСТУПНОСТИ ДАННЫХ:

данные текущего исследования доступны по запросу у корреспондирующего автора.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Недоступ А.А., Ражев А.О., Насенков П.В. (2022). Методика определения характеристик сетных разноглубинных траловых конструкций. *Хранение и переработка сельхозсырья*, (2), 20-29. <https://doi.org/10.36107/spfp.2022.324>

ПОСТУПИЛА: 25.04.2022**ПРИНЯТА:** 25.05.2022**ОПУБЛИКОВАНА:** 30.06.2022**ФИНАНСИРОВАНИЕ:**

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

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:

авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов.

**АННОТАЦИЯ**

Введение. В образовательных организациях и на предприятиях добычи гидробионтов Росрыболовства с целью изучения механики траловых конструкций, а также для выполнения процедур их проектирования используются зарубежные программные продукты такие, как Mathcad, AutoCAD и др. Калининградский государственный технический университет и МИП «Лаборатория цифровых технологий» предлагает поэтапное импортозамещение существующих программных продуктов.

Цель. В данной статье был проведен анализ работы созданного программного обеспечения (ПО) «Расчет конструктивных, технологических и силовых характеристик сетного разноглубинного трала» для расчета конструктивных, геометрических и силовых характеристик сетных разноглубинных траловых конструкций, предназначенного для моделирования технологических и гидродинамических процессов траловых конструкций (ТК).

Материалы и методы. На первом этапе работы по импортозамещению было предложено заменить программный продукт Mathcad программным продуктом «Расчет конструктивных, технологических и силовых характеристик сетного разноглубинного трала». Для решения ряда задач, а именно механики и проектирования траловых конструкций возникает необходимость использовать программное обеспечение, позволяющие рассчитать и обосновать конструктивные, геометрические и силовые характеристики сетных траловых конструкций (донных и разноглубинных). 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.

Результаты. Программа для ЭВМ «Расчет конструктивных, технологических и силовых характеристик сетного разноглубинного трала» разработана МИП ООО «ЛЦТ». Программное обеспечение для расчета характеристик сетных траловых конструкций включает в себя расчет и проектирование сетных разноглубинных тралов.

Выводы. В работе представлена методика определения характеристик сетных разноглубинных траловых конструкций с использованием разработанного авторами статьи программным обеспечением. В дальнейшем планируется второй этап работы – замена AutoCAD программными продуктами «Система автоматизированного проектирования орудий промышленного рыболовства».

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

траловая конструкция, компьютерная программа, конструктивные, силовые, геометрические характеристики

Methodology for Determining the Characteristics of Midwater Trawl Structures

¹ Kaliningrad State Technical University

Alexander A. Nedostup¹, Aleksey O. Razhev¹, Pavel V. Nasenkov¹

CORRESPONDENCE:

Alexander A. Nedostup
1, Sovetsky Prospekt, Kaliningrad,
236022, Russian Federation
E-mail: nedostup@klgtu.ru

FOR CITATIONS:

Nedostup A. A., Razhev A. O.,
Nasenkov P. V. (2022). Methodology
for determining the characteristics of
midwater trawl structures. *Storage and
Processing of Farm Products*, (2), 20-29.
<https://doi.org/10.36107/spfp.2022.324>

RECEIVED: 25.04.2022

ACCEPTED: 25.05.2022

PUBLISHED: 30.06.2022

DECLARATION OF COMPETING

INTEREST: none declared.



ABSTRACT

Background. Foreign software products such as Mathcad, AutoCAD, etc. are used in educational organizations and enterprises for the extraction of hydrobionts of the Federal Agency for Fishery in order to study the mechanics of trawl structures, as well as to perform their design procedures. existing software products.

Purpose. In this article, an analysis was made of the work of the created software (software) "Calculation of structural, technological and power characteristics of a mid-depth net trawl" to calculate the structural, geometric and power characteristics of mid-depth net trawl structures, designed to simulate technological and hydrodynamic processes of trawl structures (TC) .

Materials and Methods. At the first stage of work on import substitution, it was proposed to replace the Mathcad software product with the software product "Calculation of structural, technological and power characteristics of a mid-depth net trawl". To solve a number of problems, namely the mechanics and design of trawl structures, it becomes necessary to use software that allows you to calculate and justify the structural, geometric and power characteristics of net trawl structures (bottom and mid-depth). These characteristics include: cycles of cutting net plates, mass of net plates, dimensions of net plates, hydrodynamic resistance force of warps, cables, rigging and net part of the trawl structure.

Results. The computer program "Calculation of structural, technological and power characteristics of a mid-depth net trawl" was developed by MIP LLC "LCT". The software for calculating the characteristics of net trawl structures includes the calculation and design of mid-water net trawls.

Conclusions. The paper presents a methodology for determining the characteristics of mid-depth net trawl structures using the software developed by the authors of the article. In the future, the second stage of work is planned – the replacement of AutoCAD with the software product "Computer-aided design system for industrial fishing tools."

KEYWORDS

trawl design, computer program, design, geometric, power characteristics

ВВЕДЕНИЕ

Учитывая современную геополитическую обстановку, когда ведущие мировые производители САПР систем AutoDesk и SolidWorks из-за вводимых западными странами санкций приостановили свою деятельность в России, разработка современного отечественного программного обеспечения стала одной из приоритетных задач. На траловом промысле возникают операционные задачи, связанные с оперативным определением конструктивных, геометрических и силовых характеристик сетных разноглубинных траловых конструкций.

Компьютерное проектирование (CAD) является способом проектирования конструкции. Одним из наиболее распространенных пакетов программного обеспечения CAD является AutoCAD (Jeffri et al., 2022). Программное обеспечение AutoCAD, как автоматизированное программное обеспечение, часто используется для двухмерного черчения и базового трехмерного проектирования (Wei, 2020).

Эффективность программного обеспечения AutoCAD 3D изучалась в Малайзии при изучении инженерного черчения для улучшения понимания учащимися (Zakaria et al., 2012). Результат этого исследования показал хороший рост успеваемости учащихся после использования этого программного обеспечения. Это указывает на то, что программное обеспечение помогает в визуализации.

Существующее импортное программное обеспечение такое, как Mathcad, AutoCAD и др., не позволяет в условиях промысла на борту судна оперативно решать подобные задачи, в том числе для расчета и настройки параметров траловых систем, а также для обоснования их ремонта (Maxfield, 2009; Shoukry & Pandey, 2020; Абдурайимов и др., 2020; Волкогон, 2017). Для их решения требуется специализированные программные продукты, удобные при эксплуатации в условиях промысла и простые в освоении и использовании тралмастерами.

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 ука-

занными организациями ведется комплекс научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию отечественного отраслевого программного обеспечения (Ражев и др., 2020г; Ражев и др., 2020а; Ражев и др., 2020б; Ражев и др., 2020в; Ражев и др., 2020д).

В условиях промысла основными задачами по эксплуатации траловых конструкций являются: настройка трала (для максимальной уловистости трала); настройка траловых досок; настройка гидродинамического щитка и оснастки верхней подборы; настройка оснастки нижней подборы и грузов-углубителей; обоснование скорости траления; тяговые характеристики судна и др. (Nedostup & Razhev, 2017; Недоступ & Ражев, 2017; Недоступ и др., 2018; Хаппель & Бреннер, 1976; Недоступ & Ражев, 2013; Ражев, 2020)¹.

В созданном программном обеспечении авторами статьи предлагается рассмотреть конструктивные, геометрические и силовые характеристики сетных разноглубинных 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. Расчет вышеуказанных характеристик необходим добытчикам гидробионтов, тралмастерам и помощникам капитанов по добыче, а также проектировщикам траловых конструкций. Выполнение расчетных операций является неотъемлемой частью учебного процесса подготовки специалистов среднего и высшего звена — промыскаков и судоводителей (Недоступ & Ражев, 2017).

Цель нашего исследования — проверка и анализ работы созданного программного обеспечения (ПО) для расчета конструктивных, геометрических и силовых характеристик сетных разноглубинных траловых конструкций, предназначенного для моделирования технологических и гидродинамических процессов траловых конструкций (ТК). Разрабатываемое ПО в дальнейшем предполагается использовать в качестве модуля тренажера для обучения добытчиков гидробионтов, тралмасте-

¹ Рубчинский, А. А. (2014). *Дискретные математические модели. Начальные понятия и стандартные задачи: Учебное пособие*. М.: Директ-Медиа.

ров и помощников капитанов по добыче. По результатам экспериментальных исследований был проведен анализ математических и имитационных моделей механики траловых конструкций и разработано программное обеспечение (ПО), позволяющее рассчитывать характеристики сетных траловых конструкций, включая материальные затраты на изготовление траловых конструкций. Указанное ПО применяется при статических задачах траления траловым комплексом посредством отображения на дисплее компьютера с возможностью изменения значений входных параметров. Программное обеспечение отображает статический процесс траления сетного разноглубинного трала, а также выходные технологические (для технолога), геометрические и силовые (для проектировщика) характеристики.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалы и инструменты

Объектом исследования являлась ПО «Расчет конструктивных, технологических и силовых характеристик сетного разноглубинного трала»². ПО написано на языке C++ в среде разработки программного обеспечения Embarcadero RAD Studio (Cornelius, 2021) и предназначено для работы в операционной системе Microsoft Windows 10 (Евченко, 2006; Афанасьев, 2007; Varcholik, 2014; Салибекян & Панфилов, 2011; Боресков, 2006; Оберг, 2000; LaViola et al., 2017). При разработке ПО проведено исследование математических моделей механики траловых конструкций и технологических операций при конструировании тралов и на этой основе создана компьютерная программа. 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.

Анализ данных

Анализ разработанного ПО включал в себя равнение функционала работы импортного программ-

ного обеспечение такое, как Mathcad, AutoCAD и сравнение их с созданным ПО.

При расчете и проектировании траловых конструкций для рыболовных судов и составлении математического обеспечения траления траловых конструкций на ЭВМ были учтены их формоизменяемость, как объекта эксплуатации (Недоступ & Ражев, 2021): (1) сложный характер гидродинамических процессов, протекающих на многочисленных элементах траловых конструкций (канатных связей, сетных пластин, деталей оснастки); (2) сложные технологические процессы при изготовлении сетных пластин; (3) наличие жестких ограничений на прочностные характеристики сетематериалов; (4) наличие большого числа параметров, многие из которых оказывают влияние на агрегатное сопротивление траловой системы.

Процедура исследования

Первый этап работы включал в себя замену программного продукта Mathcad (разработчик RTC) программным продуктом «Расчет конструктивных, технологических и силовых характеристик сетного разноглубинного трала» и его анализ.

На втором этапе проведен процесс расчёта конструктивных, геометрических и силовых характеристик тралов с использованием разработанного ПО.

Третий этап работы был связан с отработкой реакции системы на возможные типичные ошибки оператора, такие как: произведен неверный ввод параметра; произведен не технологический цикл кроки сетных пластин; агрегатное сопротивление завышено.

Четвертый этап включал корректировку программы и проверку ее работы в условиях промысла.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В процессе настройки работы программного продукта «Расчет конструктивных, технологических и силовых характеристик сетного разноглубинного трала» были выявлены следующие этапы:

² Страуструп, Б. (2019). *Язык программирования C++: Краткий курс*. СПб.: Диалектика.

Запуск программы

При запуске разработанной программы «Конструкция», открывается главное окно ПО и первая вкладка программы (рисунок 1). Основную часть окна занимает изображение входных параметров и фона — сетного разноглубинного трала. В данной вкладке вносятся входные параметры траловой конструкции: шаг ячеи, диаметр ниток (веревки), количество ячеей сетных пластин, количество пластей, посадочный коэффициент по гужу трала, масса одного кв. метра фиктивной площади сетных пластин. На данной вкладке также 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.

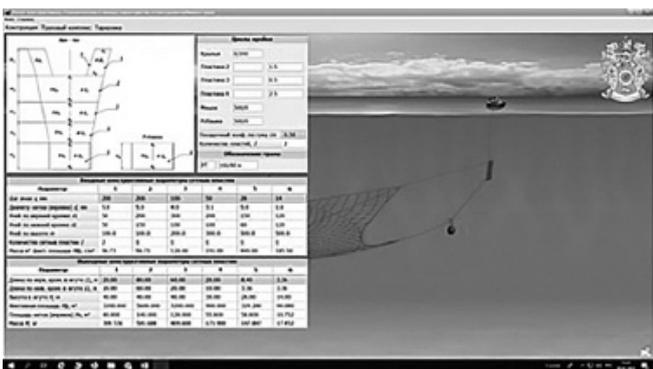


Рисунок 1
Первое окно «Конструкция» ПО «Расчет конструктивных, технологических и силовых характеристик сетного разноглубинного трала»

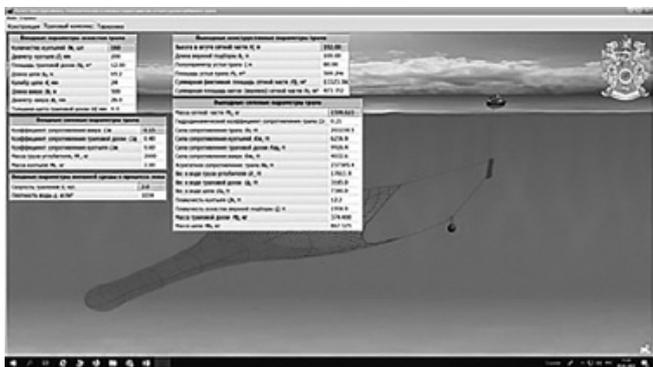


Рисунок 2
Второе окно «Траловая система» ПО «Расчет конструктивных, технологических и силовых характеристик сетного разноглубинного трала»

Ввод входных параметров

На рисунке 2 изображена вкладка «Траловый комплекс», в данной вкладке вносятся входные параметры тралового комплекса: количество и диаметр куктылей оснастки верхней подборки, площадь и толщина щита траловой доски, калибр и длина цепи оснастки нижней подборки, диаметр и длина вытравленного ваера.

Выходные параметры ПО

На вкладке «Траловый комплекс» также выводятся выходные конструктивные и геометрические характеристики тралового комплекса: длина верхней подборки, полупериметр устья трала по гужу, площадь устья трала, площадь фиктивная и площадь ниток сетной части трала. На данной вкладке также выводятся выходные силовые характеристики тралового комплекса: масса сетной части трала, гидродинамический коэффициент сопротивления траловой оболочки, силы сопротивления оснастки верхней подборки, ваеров, траловой оболочки, траловых досок, а также агрегатное сопротивление тралового комплекса. На данной вкладке выводятся массы оснастки тралового комплекса, а также вес в воде.

Тарировка

На рисунке 3 изображена вкладка «Тарировка», на данной вкладке выводятся выходные силовые характеристики тралового комплекса: агрегатное сопротивление в зависимости от скорости траления

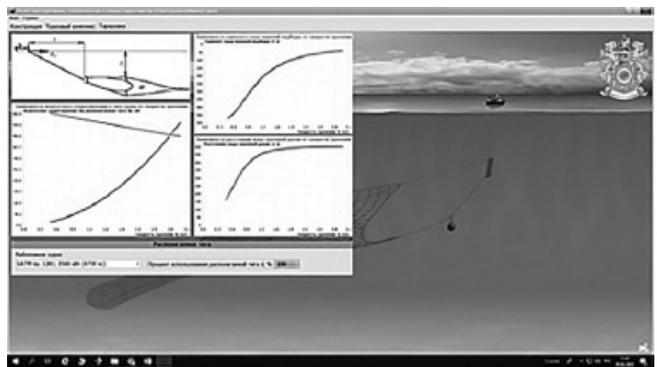


Рисунок 3
Второе окно «Тарировка» ПО «Расчет конструктивных, технологических и силовых характеристик сетного разноглубинного трала»

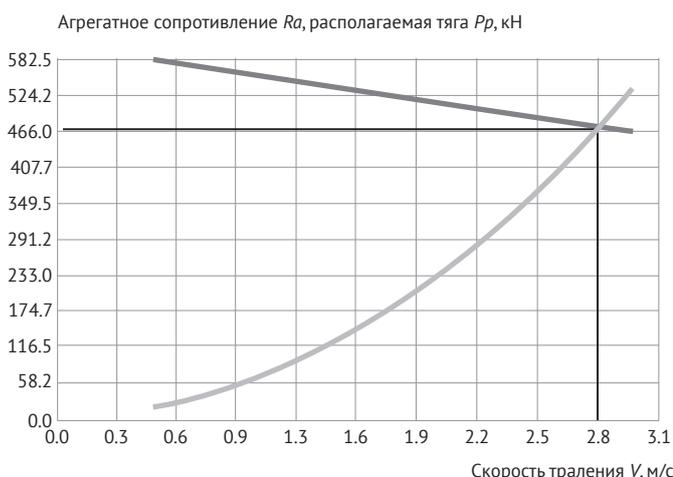


Рисунок 4

Зависимости агрегатного сопротивления траловой системы и располагаемой тяги БАТМ пр. 1283 в зависимости от скорости траления

рыболовного судна, располагаемая тяга которого выбирается из базы данных компьютерной программы (рисунок 4). В левой верхней части на данной вкладке расположены графики зависимостей горизонта хода верхней подборки трала по вертикали, а также расстояние хода траловой доски по горизонту (рисунок 5).

При загрузке ПО «Расчет конструктивных, технологических и силовых характеристик сетного разноглубинного трала» выводятся на экран первоначальные загрузки разноглубинного трала для судна типа БАТМ пр. 1283.

ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Разработанное ПО позволяет заменить импортное программное обеспечение (Mathcad, AutoCAD и др.), уже показавшее себя успешным при обучении и визуализации (Zakaria et al., 2012), поскольку обеспечивает в условиях промысла на борту судна возможность оперативно решать задачи для расчета и настройки параметров траловых систем, а также выявлять обоснования для их ремонта, что не позволяют сделать зарубежные ПО. Разработанное ПО удобно при эксплуатации в условиях промысла, в освоении и при использовании тралмастерами.

Использование программы делает возможным расчет конструктивных, технологических и сило-

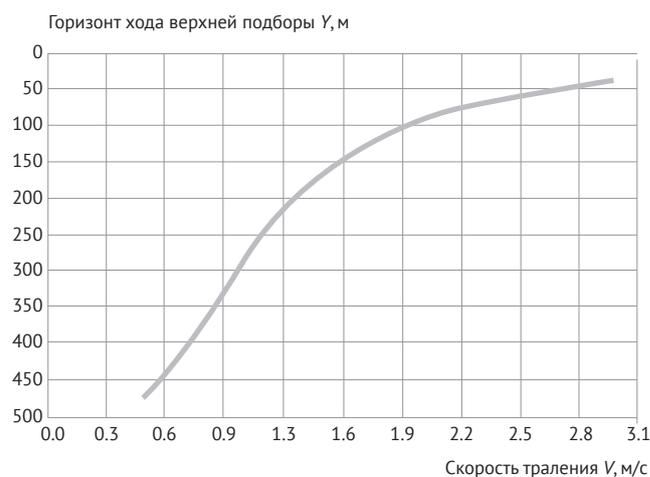


Рисунок 5

Зависимости горизонта хода верхней подборки разноглубинного сетного трала от скорости траления

вых характеристик сетных разноглубинных тралов. Также можно обосновано подбирать сетные части трала и его оснастку для соответствующего рыболовного судна, при заданной скорости траления 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.

Окно ввода параметров траловой конструкции (рисунок 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 xml³. Все входные параметры записываются в той последовательности, в которой они представлены на страницах приложения.

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

В компьютерной программе «Расчет конструктивных, технологических и силовых характеристик

³ Hunter, D., Rafter, J., Fawcett, J., Vlist, E., Ayers, D., Duckett, J., Watt, A., & McKinnon, L. (2007). *Beginning XML*. Wrox.

сетного разноглубинного трала» предусмотрен расчет: технологических операций (приемов) по расчету 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; агрегатного сопротивления траловой системы.

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

Созданная компьютерная программа отслеживает основные ошибки обучающихся, проектировщиков тралов, а также тралмастеров и капитанов рыболовных судов, операторов, допущенные ими в процессе тарировки трала и моделирует возможные ситуации, не зависящие от ввода параметров. Практическая значимость работы заключается в том, что результаты могут быть использованы в учебном процессе при подготовке специалистов промышленного рыболовства, фабриками орудий лова при расчёте конструктивных, технологических и силовых характеристик тралов, а также непосредственно на промысле при настройке орудия лова. Программное обеспечение может использоваться как средство для обучения специалистов.

Это новый продукт дает возможность внедрения отечественного ПО. В программе заложено визуальное сопровождение и это дает возможность видеть, как прямые недостатки, так косвенные при проектировании сетного разноглубинного трала. Поскольку программа позволяют, не прибегая к дополнительным самостоятельным расчетам, рассчитать и проанализировать полученный результат и сделать вывод, что только на стадии разработки проектной конструкторской документации можно учесть

С помощью автоматизированных систем проектирования возможно резко повысить качество и про-

изводительность конструкторских, эксплуатационных работ, сократить сроки проектирования, т.к. изменения быстро корректируются программой. Данные мероприятия позволят быстро проверить и оценить различные варианты проектных решений, изменять и повышать качественные характеристики траловой системы.

ВЫВОДЫ

На основе исследования математических моделей механики траловых конструкций и структуры системы технологических операций при проектировании тралов была разработана методика и создана компьютерная программа «Расчет конструктивных, технологических и силовых характеристик сетного разноглубинного трала», позволяющие рассчитать и обосновать конструктивные, геометрические и силовые характеристики сетных траловых конструкций (донных и разноглубинных). 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.

Программа позволяет учащимся и эксплуатационникам приобрести навыки в механике и проектировании тралов, управлении такими сложными инженерными и формоизменяемыми конструкциями как разноглубинными тралами, а также заменяет дорогостоящие программные комплексы.

В дальнейшем планируется усовершенствовать разработанную программу, добавлением следующих модулей: (1) расчет канатного разноглубинного трала; (2) расчет располагаемой тяги рыболовных судов; (3) расчет сетного донного трала; (4) расширение списка входных и выходных параметров; (5) расчет технологических операций полного цикла.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено в рамках государственного задания на выполнение государственных работ ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» (№ 03/2022) по теме «Разработка физических, математических и предсказательных моделей процессов эксплуатации донного и разноглубинного траловых комплексов».

ЛИТЕРАТУРА

- Абдурайимов, Л. Н., Ягьяев, Э. Э., & Валиев, Э. В. (2020). Анализ форматов обмена геометрическими данными между современными CAD-системами 3D-моделирования. *Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета*, 4, 269–274.
- Афанасьев, В. О. (2007). *Системы 3D-Визуализации индуцированной виртуальной среды* [Докторская диссертация, Московский государственный университет]. М., Россия.
- Боресков, А. В. (2006). *Разработка и отладка шейдеров*. СПб.: БХВ-Петербург.
- Волкогон, В. А., Недоступ, А. А., Ражев, А. О., Кострикова, Н. А., Поляков, Р. К., & Кузин, В. И. (2017). Обоснование создания тренажерного комплекса по проектированию и моделированию траловых систем. *Морские интеллектуальные технологии*, 2(4), 177–185.
- Евченко, А. И. (2006). *OpenGL и DirectX. Программирование графики*. СПб.: Питер.
- Недоступ, А. А., & Ражев, А. О. (2013). Математическое моделирование инженерных сетных конструкций в гетерогенной среде. В *Разностные схемы и их приложения: Тезисы Международной конференции, посвященной 90-летию профессора В. С. Рябенского* (с. 81–82). М.: ИПМ им. М. В. Келдыша РАН.
- Недоступ, А. А., & Ражев, А. О. (2017). Математическая модель взаимодействия распорной траловой доски с водной средой. *Морские интеллектуальные технологии*, 1(3), 154–157.
- Недоступ, А. А., & Ражев, А. О. (2021). Производительность сил траловой системы: Постановка задачи. *Вестник Астраханского государственного технического университета. Рыбное хозяйство*, 2, 55–65. <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2021-2-55-65>
- Недоступ, А. А., Ражев, А. О., & Коротков, В. К. (2018). Моделирование композитных сетных конструкций методом точечных масс при динамической постановке задачи. *Морские интеллектуальные технологии*, 4(4), 254–258.
- Оберг, Р. Д. (2000). Технология COM+. Основы и программирование. *Understanding and Programming COM+: A Practical Guide to Windows 2000*. М.: Вильямс.
- Ражев, А. О. (2020). *Механика сетных орудий внутреннего и прибрежного рыболовства* [Кандидатская диссертация, Калининградский государственный технический университет]. Калининград, Россия.
- Ражев, А. О., Недоступ А. А., Львова Е. Е. (2020а). Расчет формы и нагрузок в рыболовном трале в процессе его проектирования. В *Материалы 64-й Международной научной конференции Астраханского государственного технического университета, посвященной 90-летию юбилею со дня образования Астраханского государственного технического университета* (с. 147). Астрахань: АГТУ.
- Ражев, А. О., Недоступ А. А., Львова Е. Е. (2020б). Структура данных системы автоматизированного проектирования орудий промышленного рыболовства. В *Материалы 64-й Международной научной конференции Астраханского государственного технического университета, посвященной 90-летию юбилею со дня образования Астраханского государственного технического университета* (с. 145). Астрахань: АГТУ.
- Ражев, А. О., Недоступ, А. А., & Львова, Е. Е. (2020г). Архитектура программного обеспечения системы автоматизированного проектирования орудий промышленного рыболовства. В *Материалы 64-й Международной научной конференции Астраханского государственного технического университета, посвященной 90-летию юбилею со дня образования Астраханского государственного технического университета* (с. 146). Астрахань: АГТУ.
- Ражев, А. О., Недоступ, А. А., & Львова, Е. Е. (2020д). Математическая модель визуализации крученых канатно-веревочных изделий для задач проектирования орудий промышленного рыболовства. В *Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: Материалы XI Национальной (всероссийской) научно-практической конференции* (с. 222–226). Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ.
- Салибемян, С. М., & Панфилов, П. Б. (2011). Построение распределенных гетерогенных вычислительных систем на базе объектно-атрибутивной архитектуры. *Объектные системы*, 5, 83–88.
- Хаппель, Д., & Бреннер, Г. (1976). *Гидродинамика при малых числах Рейнольдса*. М.: Мир.
- Cornelius, D. (2021). *Fearless cross-platform development with Delphi*. Packt.
- Jeffri, N. F., Ismail, A., Rahman, F. A., Baharudin, B. A., Hamid, D. A., & Khalid, P. Z. M. (2022). The conceptual design of a submersible drone for seabed profiling. *Advanced Maritime Technologies and Applications. Advanced Structured Materials*, 166, 197–204. https://doi.org/10.1007/978-3-030-89992-9_17
- LaViola, J., Kruijff, E., McMahan, R., Bowman, D. (2017). *3D User Interfaces. Theory and Practice*. Addison-Wesley.
- Maxfield, B. (2009). *Essential mathcad for engineering, science, and math ISE*. Mechanical Engineering. Academic Press.
- Nedostup, A. A., & Razhev, A. O. (2017). The problem of dynamic modeling of the trawl system. In *Methods for the Development and Evaluation of Maritime Technologies*

- DEMAT: 13th International workshop (vol. 10, pp. 35–42). Japan: Sapporo.
- Shoukry, Y., & Pandey, J. (2020). *Practical Autodesk AutoCAD 2021 and AutoCAD LT 2021. A no-nonsense, beginner's guide to drafting and 3D modeling with Autodesk AutoCAD*. Packt Publishing.
- Varcholik, P. (2014). *Real-time 3D rendering with DirectX and HLSL: A practical guide to graphics programming*. Addison-Wesley Professional.
- Wei, H. (2020). Using AutoCAD software to assist in analyzing the application of modern machinery manufacturing technology and processing technology. *Journal of Physics: Conference Series*, 1648(2), Article 022071. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1648/2/022071>
- Zakaria, F., Ziden, A. A., & Othman, A. N. (2012). Effectiveness of AutoCAD 3D software as a learning support tool. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 7(2), 57–60. <https://doi.org/10.3991/ijet.v7i2.1906>
- ## REFERENCES
- Abduraimov, L. N., Yag'yaev, E. E., & Valiev, E. V. (2020). Analiz formatov obmena geometricheskimi dannymi mezhd u sovremennymi CAD-sistemami 3D-modelirovaniya [Analysis of geometric data exchange formats between modern 3D modeling CAD systems]. *Uchenye zapiski Krymskogo inzhenerno-pedagogicheskogo universiteta [Scientific notes of the Crimean Engineering and Pedagogical University]*, 4, 269–274.
- Afanas'ev, V. O. (2007). *Sistemy 3D-Vizualizatsii indutsirovanoi virtual'noi sredy [Systems for 3D visualization of the induced virtual environment]* [Doctoral Dissertation, Moskovskii gosudarstvennyi universitet]. Moscow, Russia.
- Boreskov, A. V. (2006). *Razrabotka i otladka sheiderov [Developing and Debugging Shaders]*. S-Petersburg: BKhV-Peterburg.
- Volkogon, V. A., Nedostup, A. A., Razhev, A. O., Kostrikova, N. A., Polyakov, R. K., & Kuzin, V. I. (2017). Obosnovanie sozdaniya trenazhernogo kompleksa po proektirovaniyu i modelirovaniyu tralovykh system [Rationale for the creation of a training complex for the design and modeling of trawl systems]. *Morskii intellektual'nye tekhnologii [Marine Intelligent Technologies]*, 2(4), 177–185.
- Evchenko, A. I. (2006). *OpenGL i DirectX. Programmirovaniye grafiki [OpenGL and DirectX. Graphics programming]*. S-Petersburg: Piter.
- Nedostup, A. A., & Razhev, A. O. (2013). Matematicheskoe modelirovaniye inzhenernykh setnykh konstruksii v geterogennoi srede [Mathematical modeling of engineering grid structures in a heterogeneous environment]. In *Raznostnye skhemy i ikh prilozheniya: Tezisy Mezhdunarodnoi konferentsii, posvyashchennoi 90-letiyu professora V. S. Ryaben'kogo [Difference schemes and their applications: Abstracts of the International Conference dedicated to the 90th anniversary of Professor V. S. Ryabenky]* (pp. 81–82). Moscow: IPM im. M. V. Keldysha RAN.
- Nedostup, A. A., & Razhev, A. O. (2017). Matematicheskaya model' vzaimodeistviya raspornoj tralovoi doski s vodnoi sredoi [Mathematical model of the interaction of a spacer trawl door with the aquatic environment]. *Morskii intellektual'nye tekhnologii [Marine Intelligent Technologies]*, 1(3), 154–157.
- Nedostup, A. A., & Razhev, A. O. (2021). Proizvoditel'nost' sil tralovoi sistemy: Postanovka zadachi [Trawl System Force Performance: Problem Statement]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Rybnoe khozyaistvo [Bulletin of the Astrakhan State Technical University. Fisheries]*, 2, 55–65. <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2021-2-55-65>
- Nedostup, A. A., Razhev, A. O., & Korotkov, V. K. (2018). Modelirovaniye kompozitnykh setnykh konstruksii metodom tochechnykh mass pri dinamicheskoi postanovke zadachi [Modeling of composite mesh structures by the method of point masses in the dynamic formulation of the problem]. *Morskii intellektual'nye tekhnologii [Marine Intelligent Technologies]*, 4(4), 254–258.
- Oberg, R. D. (2000). *Tekhnologiya COM+. Osnovy i programmirovaniye. Understanding and Programming COM+: A Practical Guide to Windows 2000 [Fundamentals and programming. Understanding and Programming COM+: A Practical Guide to Windows 2000]*. Moscow: Vil'yams.
- Razhev, A. O. (2020). *Mekhanika setnykh orudii vnutrennego i pribrezhnogo rybolovstva [Net gear mechanics for inland and coastal fisheries]* [Candidate Dissertation, Kaliningradskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet]. Kaliningrad, Russia.
- Razhev, A. O., Nedostup A.A., L'vova E.E. (2020a). Raschet formy i nagruzok v rybolovnom trale v protsesse ego proektirovaniya [Calculation of the shape and loads in the fishing trawl during its design]. In *Materialy 64-i Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, posvyashchennoi 90-letnemu yubileyu so dnya obrazovaniya Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta [Materials of the 64th International Scientific Conference of the Astrakhan State Technical University, dedicated to the 90th anniversary of the founding of the Astrakhan State Technical University]* (p. 147). Astrakhan': AGTU.
- Razhev, A. O., Nedostup A. A., L'vova E. E. (2020b). Struktura dannykh sistemy avtomatizirovannogo proektirovaniya orudii promyshlennogo rybolovstva [The data structure of the computer-aided design system for commercial fishing gear]. In *Materialy 64-i Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, posvyashchennoi 90-letnemu yubileyu so dnya obrazovaniya Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta [Materials of the 64th International Scientific Conference of the Astrakhan State Technical*

- University, dedicated to the 90th anniversary of the founding of the Astrakhan State Technical University] (p. 148). Astrakhan': AGTU.
- Razhev, A. O., Nedostup, A. A., & L'vova, E. E. (2020c). Arkhitektura apparatnoi chasti sistemy avtomatizirovannogo proektirovaniya orudii promyshlennogo rybolovstva [Hardware architecture of the computer-aided design system for industrial fishing gear]. In *Materialy 64-i Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, posvyashchennoi 90-letnemu yubileyu so dnya obrazovaniya Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Materials of the 64th International Scientific Conference of the Astrakhan State Technical University, dedicated to the 90th anniversary of the founding of the Astrakhan State Technical University] (p. 145). Astrakhan': AGTU.
- Razhev, A. O., Nedostup, A. A., & L'vova, E. E. (2020d). Arkhitektura programmnoy obespecheniya sistemy avtomatizirovannogo proektirovaniya orudii promyshlennogo rybolovstva [Software architecture of the computer-aided design system for commercial fishing gear]. In *Materialy 64-i Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, posvyashchennoi 90-letnemu yubileyu so dnya obrazovaniya Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Materials of the 64th International Scientific Conference of the Astrakhan State Technical University, dedicated to the 90th anniversary of the founding of the Astrakhan State Technical University] (p. 146). Astrakhan': AGTU.
- Razhev, A. O., Nedostup, A. A., & L'vova, E. E. (2020e). Matematicheskaya model' vizualizatsii kruchenykh kanatno-verevochnykh izdelii dlya zadach proektirovaniya orudii promyshlennogo rybolovstva [Mathematical model of visualization of twisted rope-rope products for the problems of designing industrial fishing gear]. In *Prirodnye resursy, ikh sovremennoe sostoyanie, okhrana, promyslovoe i tekhnicheskoe ispol'zovanie: Materialy XI Natsional'noi (vserossiiskoi) nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Natural resources, their current state, protection, commercial and technical use: Proceedings of the XI National (All-Russian) Scientific and Practical Conference] (pp. 222-226). Petropavlovsk-Kamchatskii: KamchatGTU.
- Salibekyan, S. M., & Panfilov, P. B. (2011). Postroenie raspredelennykh geterogennykh vychislitel'nykh sistem na baze ob'ektno-atributnoi arkhitektury [Construction of distributed heterogeneous computing systems based on object-attribute architecture]. *Ob'ektnye sistemy* [Object Systems], 5, 83–88.
- Khappel', D., & Brenner, G. (1976). *Gidrodinamika pri malykh chislakh Reinol'dsa* [Hydrodynamics at low Reynolds numbers]. Moscow: Mir.
- Cornelius, D. (2021). *Fearless cross-platform development with Delphi*. Packt.
- Jeffri, N. F., Ismail, A., Rahman, F. A., Baharudin, B. A., Hamid, D. A., & Khalid, P. Z. M. (2022). The conceptual design of a submersible drone for seabed profiling. *Advanced Maritime Technologies and Applications. Advanced Structured Materials*, 166, 197–204. https://doi.org/10.1007/978-3-030-89992-9_17
- LaViola, J., Kruijff, E., McMahan, R., Bowman, D. (2017). *3D User Interfaces. Theory and Practice*. Addison-Wesley.
- Maxfield, B. (2009). *Essential mathcad for engineering, science, and math ISE*. Mechanical Engineering. Academic Press.
- Nedostup, A. A., & Razhev, A. O. (2017). The problem of dynamic modeling of the trawl system. In *Methods for the Development and Evaluation of Maritime Technologies DE-MAT: 13th International workshop* (vol. 10, pp. 35–42). Japan: Sapporo.
- Shoukry, Y., & Pandey, J. (2020). *Practical Autodesk AutoCAD 2021 and AutoCAD LT 2021. A no-nonsense, beginner's guide to drafting and 3D modeling with Autodesk AutoCAD*. Packt Publishing.
- Varcholik, P. (2014). *Real-time 3D rendering with DirectX and HLSL: A practical guide to graphics programming*. Addison-Wesley Professional.
- Wei, H. (2020). Using AutoCAD software to assist in analyzing the application of modern machinery manufacturing technology and processing technology. *Journal of Physics: Conference Series*, 1648(2), Article 022071. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1648/2/022071>
- Zakaria, F., Ziden, A. A., & Othman, A. N. (2012). Effectiveness of AutoCAD 3D software as a learning support tool. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 7(2), 57–60. <https://doi.org/10.3991/ijet.v7i2.1906>