

---

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ  
КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО МОРСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ «ВЕКТОР»

---



Рыбопромысловый тренажер РПТ-4000  
Руководство по эксплуатации  
Общее описание

ДЛКМ.161458.202 РЭ1

Таганрог  
2022 г

## АННОТАЦИЯ

Настоящее руководство предназначено для инструкторов с целью общего ознакомления с назначением, техническими характеристиками и возможностями рыбопромыслового тренажера РПТ-4000.

Тренажер предназначен для подготовки курсантов и студентов учебных заведений Росрыболовства по специальностям 35.03.09 «Промышленное рыболовство» и 26.05.05 «Судовождение», а также переподготовки судоводителей практиков промысловых судов и мастеров добычи по тренажерным программам:

- поиск и оценка рыбных скоплений с помощью гидроакустической рыбопромысловой аппаратуры;
- выбор орудий рыболовства для облова рыбных скоплений и настройка промыслового вооружения;
- маневрирование и управление рыболовным судном при выполнении промысловых операций.
- организация работ на промысловой палубе во время выполнения промысловых операций;
- совместная подготовка экипажа рыболовного судна: судоводителя, тралмастера и членов промысловой вахты.

Модульная структура аппаратных средств и программного обеспечения тренажера позволяет скомпоновать по требованию Заказчика произвольную конфигурацию имитаторов судового радиоэлектронного оборудования, а также задать необходимое количество активных судов (учебных мостиков). Работа по формированию требуемой конфигурации тренажера выполняется разработчиком в рамках реализации конкретных проектов по согласованию с Заказчиком.

Комплект технической документации на тренажер РПТ-4000 включает в себя:

- Руководство по эксплуатации. Общее описание ДЛКМ.161458.202 РЭ1;
- Руководство по эксплуатации. Руководство инструктора ДЛКМ.161458.202 РЭ2;
- Руководство по эксплуатации. Руководство обучаемого. ДЛКМ.161458.202 РЭ3.

По согласованию с Заказчиком документация может быть дополнена справочной информацией:

Спецификация тренажера	ДЛКМ.161458.202 СП.
Технические условия	ДЛКМ.161458.202 ТУ.
Программа и методика испытаний	ДЛКМ.161458.202 ПМ.
План размещения оборудования тренажера в учебном классе.	

Схема электрическая соединений между составными частями тренажера Э4 (ГОСТ 2.701-2008, ГОСТ 2.702-2011, ГОСТ 2.709-89). ДЛКМ.436218.201 Э4

Схема электрическая подключения тренажера к внешним сетям Э5 (ГОСТ 2.701-2008, ГОСТ 2.702-2011, ГОСТ 2.709-89). ДЛКМ.161458.202 Э5

Схема локальной вычислительной сети Э4 (ГОСТ 2.701-2008, ГОСТ 2.702-2011, ГОСТ 2.709-89). ДЛКМ.161462.221 Э4

Схема дистанционного управления электропитанием Э4 (ГОСТ 2.701-2008, ГОСТ 2.702-2011, ГОСТ 2.709-89). ДЛКМ.467451.225 Э4

Типовой регламент технического обслуживания тренажеров типа РПТ. ДЛКМ.161458.202 ТО

КБ морской электроники «Вектор», как фирма-производитель программно-аппаратных средств тренажеров серии РПТ в части методического обеспечения, предоставляет пользователям:

- возможность накопления базы данных по учебному процессу;
- возможность создания собственных упражнений, отвечающих основным требованиям по методике тренажерной подготовки, одобренной в международной практике;
- возможность распечатки протоколов выполнения упражнений, содержащих все необходимые данные для последующей аттестации обучаемого.

Вместе с тем, КБ морской электроники «Вектор» не снабжает пользователей:

- программами курсов тренажерной подготовки;
- календарными планами;
- методикой проведения занятий;
- образцами аттестационных документов.

Перечисленное методическое обеспечение вместе с необходимой квалификацией преподавательского состава является предметом сертификации самого тренажерного центра или учебного заведения.

## Оглавление

1 ВВЕДЕНИЕ .....	5
2 СОСТАВ И НАЗНАЧЕНИЕ РЫБОПРОМЫСЛОВОГО ТРЕНАЖЕРА РПТ-4000 .....	6
3 ОПИСАНИЕ МОДЕЛЕЙ И ЗАДАЧ ТРЕНАЖЕРА РПТ-4000 .....	9
3.1 Назначение и виды моделей .....	9
3.2 Модель движения судна .....	10
3.3 Имитатор РЛС/САРП .....	11
3.4 Электронная картографическая система .....	11
3.5 Имитаторы гидроакустической рыбопромысловой аппаратуры .....	12
3.6 Модель движения траловой системы .....	13
3.7 Моделирование лова кошельковым неводом .....	17
3.8 Модель движения яруса .....	18
3.9 Математические модели объектов лова .....	19
3.10 Модель донной поверхности .....	22
3.11 Характеристики водной среды (моря) .....	22
4 ПАНЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ СУДНОМ, ОРУДИЯМИ РЫБОЛОВСТВА И РАДИОЭЛЕКТРОННЫМИ ПРИБОРАМИ .....	22
5 ЗАДАЧИ, РЕШАЕМЫЕ НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ ИНСТРУКТОРА РЫБОПРОМЫСЛОВОГО ТРЕНАЖЕРА .....	24

## 1 ВВЕДЕНИЕ

Рыбопромысловый тренажер **РПТ-4000** имитирует работу рыболовного судна при траловом, кошельковом и ярусном лове, предназначен для обучения курсантов судоводительских факультетов и студентов факультетов промышленного рыболовства, а также для повышения квалификации судоводителей-практиков и мастеров добычи.

**РПТ-4000** моделирует движение промысловых судов, работу судового радиоэлектронного (навигационного и рыбопоискового) оборудования и орудий рыболовства (разноглубинного и донного трала, кошелькового невода, пелагического яруса), поведение рыбных скоплений. Управление судном, орудиями рыболовства и судовыми радиоэлектронными приборами осуществляется с помощью программно-аппаратных имитаторов пультов аппаратуры.

В процессе тренировки обучаемый получает информацию от радионавигационного и рыбопоискового гидроакустического оборудования, а также визуальную информацию о надводной обстановке в промысловом районе (вид из рубки).

Если предусмотрен класс разбора упражнений с одним проектором, то навигационная обстановка, визуализация и радарная информация может отображаться на экране проектора поочередно. При этом за навигационной обстановкой или процессом лова в режиме визуализации можно наблюдать с произвольных точек пространства как над водой, так и под водой.

## 2 СОСТАВ И НАЗНАЧЕНИЕ РЫБОПРОМЫСЛОВОГО ТРЕНАЖЕРА РПТ-4000

Тренажер реализован на базе сети персональных компьютеров, работающих под управлением операционной системы Microsoft Windows, и состоит из пульта инструктора и одного или нескольких рабочих мест обучаемых. Имитаторы судового радиоэлектронного (РЭО) и промыслового оборудования главного (основного) учебного мостика судна представлены в виде консолей со встроенными компьютерами и панелями управления. Дополнительные учебные мостики тренажера могут быть аналогичными главному учебному мостику или представлены в виде персональных компьютеров с соответствующим программным обеспечением.

○ В состав тренажера РПТ-4000 входят следующие программные имитаторы и математические модели:

- математические модели движения судов;
- имитатор РЛС/САРП;
- имитатор электронной картографической системы (ЭКС);
- имитатор спутниковой навигационной системы (СНС);
- имитатор авторулевого;
- имитатор бинокля;
- имитатор визуального пеленгатора;
- программное обеспечение системы управления огнями и знаками;
- программное обеспечение системы 3D визуализации.
- математические модели орудий рыболовства;
- программы настройки орудий рыболовства;
- математические модели поведения рыбных скоплений;
- имитатор тралового зонда CN-14А;
- имитатор многочастотного рыбопоискового эхолота ES-60;
- имитатор рыбопоискового гидролокатора одновременного кругового обзора SP-70.

Аппаратная часть главного мостика тренажера включает следующие нестандартные аппаратные средства:

- консоль управления собственным судном - пульт управления судном;
- консоль управления собственным судном - пульт рулевого;
- консоль имитатора РЛС/САРП;
- консоль имитатора ЭКС;
- консоль имитатора СНС;
- консоль имитаторов бинокля, визуального пеленгатора;
- консоль пульта тралмастера;
- консоль имитатора тралового зонда;
- консоль имитатора эхолота;

- консоль имитатора гидролокатора;
- средства дистанционного включения/выключения компьютеров тренажера.

Опционально рыбопромысловый тренажер оснащается дополнительным программным обеспечением:

- по изучению промыслового расписания работ с пелагическим и донным тралами с 3D анимацией действий членов палубной команды при выполнении промысловых операций (модуль ПРРОЛ);
- по изучению рыбопромысловой аппаратуры (эхолота, гидролокатора и тралового зонда), располагаемой на дополнительных рабочих местах.

Основными задачами рыбопромыслового тренажер РПТ-4000 является обучение:

- настройке и приемам работы с различными типами рыбопоисковых эхолотов, гидролокаторов и траловых зондов в заданных промысловых условиях;
- поиску с помощью рыбопромысловой аппаратуры рыбных скоплений (рыбных косяков и разреженных рыбных слоев), в том числе, определению их местоположения относительно судна, определению их размеров и относительной плотности, определению направлений их перемещения, оценке промысловой значимости;
- настройке и постановке разноглубинного трала;
- контролю объема рыбы в трале (по показаниям тралового зонда);
- выбору и настройке траловых досок, выбору оснастки сетной части разноглубинного и донного тралов;
- маневрированию судном с разноглубинным тралом, включая выход в точку постановки трала, вывод трала на заданную глубину, обход препятствий, проводку трала вблизи поверхности дна, прицельный облов косяков, находящихся в стороне от курса траления и т.д.;
- настройке и постановке донного трала;
- маневрированию судном с кошельковым неводом, включая выход в точку постановки невода с учетом вектора скорости косяка и направления ветра, замет кошелькового невода;
- выполнению кошелькования;
- управлению судном и лебедкой в процессе кошелькования;
- настройке, постановке и выборке пелагического яруса;
- безопасному плаванию судна при работе в группе судов;
- наблюдению за окружающей обстановкой как визуально, так и с использованием информации судовых РЛС/САРП, в том числе выполнению

маневров расхождения с другими судами в соответствии с требованиями МППСС-72 и ПСПП в условиях нормальной и ограниченной видимости;

- выбору и выполнению маневра, обеспечивающего безопасность расхождения судов, в том числе при буксировке трала собственным судном (расхождению судов с тралами), а также безопасному повороту судна с разноглубинным тралом;

- работе с электронными картами, использованию их для решения как навигационных, так и промысловых задач;

- выполнению требований МППСС-72, ПСПП и МСС-65 в части использования судовых огней, знаков и звуковых сигналов, а также флагов МСС-65 при ведении промысла.

- организации работ на промысловой палубе во время выполнения промысловых операций;

Кроме того, тренажер РПТ-4000 за счет реализации в нем современных математических моделей движения системы «Судно–Орудие лова», моделей, описывающих характеристики внешней среды и работу судовых радиоэлектронных приборов, может использоваться как научно-исследовательский комплекс с целью:

- совершенствования техники и тактики ведения промысла;
- моделирования и экспертизы аварийных случаев, имевших место на промысле;

- моделирования нештатных промысловых ситуаций с целью обеспечения безопасности мореплавания и промысла и др.

Программные и аппаратные средства тренажера позволяют по спецификации Заказчика сформировать произвольную конфигурацию тренажера, включая заданное количество активных судов (учебных мостиков) с требуемым составом и типами радиоэлектронных приборов для каждого учебного мостика.

В тренажере РПТ-4000 реализованы модели движения рыболовных судов конкретных проектов (таблица 1) и модели работы конкретных судовых радиоэлектронных приборов (таблица 2).



Таблица 1 - Типы рыбопромысловых судов, реализованные в РПТ-4000

№ п/п	Тип судна	Водоизмещение, м <sup>3</sup>	Длина по КВЛ, м	Мощность ГД, кВт
1	БМРТ «Пулковский меридиан» пр. 1288	5315	99,6	2х2580
2	РТМК-С «Моонзунд» пр. 488	8480	111,0	2х2650
3	СТР «Альпинист» пр. 503	966	46,2	970
4	БМРТ «Прометей»	5368	101,8	1х2850

Настройка модели движения судна на конкретный проект судна осуществляется разработчиком тренажера по основным характеристикам судна: параметрам корпуса, движительно-рулевого комплекса, главного двигателя, а также данным натурных и модельных испытаний судна.

Таблица 2 - Список имитаторов судовых радиоэлектронных приборов в РПТ-4000

№ п/п	Тип имитатора	Наименование	Страна/Фирма
1	РЛС/САРП	BridgeMaster	Англия/Litton
2	Гидролокатор	SP-70	Норвегия/Simrad
3	Эхолот	ES-60	Норвегия/Simrad
4	Траловый зонд	CN-14A	Япония/Furuno
5	ЭКС	VNS	Россия/ Вектор
6	СНС	GPS "Furuno GP-32"	Япония/Furuno
7	Авторулевой	Nautopilot	Германия/Raytheon Anschütz

### 3 ОПИСАНИЕ МОДЕЛЕЙ И ЗАДАЧ ТРЕНАЖЕРА РПТ-4000

#### 3.1 Назначение и виды моделей

Тренажер РПТ-4000 состоит из стандартных (персональные компьютеры) и нестандартных аппаратных средств (консоли управления судном и орудиями лова, консоли управления судовой радиоэлектронной аппаратурой). Взаимодействующие по локальной сети персональные компьютеры обеспечивают моделирование движения судов, орудий рыболовства, рыбных скоплений и работу имитаторов судовых радиоэлектронных приборов. Для этих

целей в тренажере реализованы следующие математические модели и программы:

- математическая модель движения судна;
- математическая модель движения судна с орудиями лова (трал разноглубинный и донный, кошельковый невод, пелагический ярус с якорем и дрейфующий);
- математическая модель поведения рыбных скоплений;
- программы задания характеристик донной поверхности;
- имитаторы радионавигационного оборудования: РЛС/САРП, GPS, авторулевого, лага, гироскопа, визуального пеленгатора, и др.;
- имитаторы гидроакустической рыбопромысловой аппаратуры, в том числе, гидролокатора, эхолота и тралового зонда;
- электронная картографическая система (обзорные навигационные карты и промысловые карты);
- программа 3-D визуализации надводной обстановки и подводной ситуации лова.

### **3.2 Модель движения судна**

Математическая модель движения собственного (управляемого) судна – это программа, которая дает возможность установить в реальном времени положение судна в пространстве и зависит от положения органов управления и внешних факторов, действующих на судно.

Математическая модель судна (управляемого обучаемым) включает в себя:

- описание гидродинамических сил и моментов на корпусе судна;
- описание аэродинамических сил и моментов;
- описание сил и моментов, возникающих на руле и винте судна с учетом их взаимодействия между собой и с корпусом судна;
- модель главного дизеля, определяющую скорость вращения вала дизеля, развиваемую мощность и расход топлива на текущий момент в зависимости от режима работы гребного винта;
- модель подруливающих устройств;
- модели внешних факторов (ветер, течение, волнение).

Настройка модели под конкретный проект судна осуществлялась разработчиком тренажера (КБ морской электроники «Вектор») по основным характеристикам его корпуса, винта, руля, главного двигателя, а также по результатам натурных и модельных испытаний.

Модели судов-целей задаются инструктором посредством указания типа судна, траектории его движения, состоящей из отрезков прямых, и скорости

движения на каждом из этих отрезков. В конце заданной траектории судно-цель останавливается.

### 3.3 Имитатор РЛС/САРП

Работа имитатора РЛС/САРП реализована на ПК и представлена имитационными моделями, описывающими основные возможности современных радиолокационных станций и удовлетворяющими по отображаемой информации и режимам работы требованиям ИМО.

Имитатор представляет собой аппаратно-программный комплекс, состоящий из консоли управления РЛС/САРП и персонального компьютера. Панель управления функционально подобна реальной панели управления радара BridgeMaster за исключением джойстика, который заменен на трекбол. Данный имитатор, предназначенный для работы в составе тренажера РПТ-4000, позволяет воспроизводить на экране монитора радиолокационную информацию с высокой реалистичностью с учетом пространственной формы облучаемых объектов, погодных условий, формы характеристики направленности антенны, ложных отраженных сигналов и других условий распространения радиоволн. Внешние факторы, влияющие на процесс моделирования радиолокационного изображения, задаются инструктором с помощью программы «Редактор сценария».

### 3.4 Электронная картографическая система

*Vector Navigation System (VNS)* – это электронная картографическая система, разработанная для решения навигационных и промысловых задач. *VNS* в совокупности с GPS, САРП, лагом, компасом, и эхолотом способна решать следующие задачи:

- отображение символа собственного судна на электронной карте;
- контроль за параметрами движения судна по проложенному маршруту;
- контроль безопасности мореплавания и оповещение об опасных ситуациях;
- решение различных навигационных и промысловых задач.

*VNS* разработана в соответствии с требованиями для электронных картографических навигационных информационных систем ECDIS (Резолюция ИМО А.817(19)) и поддерживает работу с электронными картами формата S-57 ed.3 производства Hydrographic Offices и электронными картами формата CM-93/3 производства C-MAP.

### 3.5 Имитаторы гидроакустической рыбопромысловой аппаратуры

В состав тренажера РПТ-4000 входят имитаторы современной гидроакустической рыбопромысловой аппаратуры, выпускаемой ведущими зарубежными фирмами, а именно:

- Рыбопромысловый гидролокатор кругового обзора **Simrad SP-70** (Норвегия) со сферической антенной;
- Рыбопромысловый эхолот **Simrad ES-60** (Норвегия) с режимом относительной количественной оценки рыбных скоплений;
- Траловый зонд **CN-14A** (Япония) с гидроакустическим каналом связи.

Все приборы рыбопоискового комплекса имеют цветные мониторы и обеспечивают широкий спектр сервисных задач по обработке и отображению гидроакустической информации. Рыбопоисковая аппаратура такого класса является перспективной и устанавливается на судах среднего и большого водоизмещения.

Имитаторы рыбопромысловой аппаратуры включают в себя:

- систему обработки и отображения гидроакустической информации;
- систему управления режимами работы прибора;
- модели приемо-передающего тракта и антенного устройства.

Перечисленные системы и модели учитывают характеристики водной среды, донной поверхности, параметры движения судна и рыбных скоплений.

Для реалистичного отображения гидроакустической информации моделируются следующие наиболее важные (весомые) компоненты акустического сигнала, принимаемые антеннами рыбопромысловой аппаратуры:

- объемная реверберация;
- реверберация от приповерхностного слоя;
- эхосигнал от рыбного косяка;
- эхосигнал от разреженного рыбного скопления (одиночных рыб);
- эхосигнал от морского дна;
- эхосигнал вторичного донного отражения;
- реверберация от морского дна по основному лепестку характеристики направленности антенны (для гидролокатора);
- реверберация от морского дна по боковому полю характеристики направленности антенны;
- эхосигнал от поверхности моря (для тралового зонда);
- эхосигналы от кильватерной струи собственного судна и судов-целей (для гидролокатора);

- эхосигнал от траловых досок (для гидролокатора);
- эхосигнал от верхней подборы трала (для гидролокатора);
- эхосигнал от нижней подборы трала (для тралового зонда);
- эхосигнал от заглубляющих траловых грузов (для гидролокатора);
- эхосигнал от рыбы в кутке трала (для гидролокатора);
- эхосигнал от корпуса другого судна (для гидролокатора);
- шум судна (для гидролокатора и эхолота).

При моделировании в гидролокаторах эхосигналов от рыбных косяков, других судов, элементов траловых систем и реверберации от морского дна по основному лепестку характеристики направленности антенны учитывается рефракция звука в море. Закон изменения скорости звука в районе промысла, определяющий тип рефракции, задается инструктором.

Для более корректной работы моделей гидроакустической аппаратуры используется дополнительная информация о параметрах судна: его осадка, текущая скорость хода, уровень шумов судна (с учетом скорости судна, которой соответствует этот уровень шума).

### **3.6 Модель движения траловой системы**

#### ***Описание процедуры постановки трала***

После нажатия кнопки **TRAWL** трал сбрасывается с борта, причем длина ваеров сразу устанавливается равной 50 м. Если в этот момент судно неподвижно, трал остается в «захлопнутом» состоянии. Если дать судну ход, трал раскрывается под действием гидродинамических сил и силы натяжения ваеров и двигается вслед за судном.

Управляя ваерными лебедками (совместно или по отдельности), следует вытравить ваера до длины, необходимой для погружения трала на дно (в случае донного трала) или на необходимую глубину (в случае разноглубинного трала). При этом необходимо принимать во внимание течение, так как в модели учитывается действие глубинного и поверхностного течения на все конструктивные элементы траловой системы.

Выборка трала осуществляется также при помощи ваерных лебедок. Длину ваеров необходимо уменьшать до тех пор, пока она не достигнет 50 м. После этого трал снимается и рассчитывается улов. Также, в любой момент работы с тралом, после длинного (более 2-х секунд) нажатия кнопки **TRAWL** на панели тралмастера трал снимается.

#### ***Математическая модель разноглубинного трала***

Траловая система моделируется с большой степенью детализации. В математической модели (ММ) представлены две ваерные лебедки, два ваера,

две траловые доски, четыре кабеля, восемь голых концов подбор, подборы и сборочные трала, гидродинамическое подъемное устройство (гибкие подъемные щитки) на верхней подборе, правый и левый заглубляющие грузы и цепь, распределенная по нижней подборе трала.

Элементы ММ траловой системы взаимодействуют друг с другом посредством упругих сил, моделирующих действие канатов, связывающих элементы реальной траловой системы. Величина этих сил определяется текущим расстоянием между двумя элементами системы, длиной каната, связывающего эти элементы, и «коэффициентом упругости».

Траловые доски смоделированы в виде прямоугольных пластин, обладающих массой и моментом инерции. Гидродинамические характеристики досок приближены к реальным, полученным при испытаниях моделей досок.

Трал представлен в виде шестнадцати точечных масс, расположенных в серединах подбор, на концах крыльев и в точках соединения сборочных смежных пластей трала. Эти массы взаимодействуют друг с другом посредством упругих сил, моделирующих канаты – подборы и сборочные. Ко всем точечным массам, моделирующим трал, приложены гидродинамические силы сопротивления, величина которых зависит от площади ниток трала. К массам, размещенным на концах крыльев, приложены силы стягивания. Кроме того, к этим массам приложен вес подбор и силы оснастки: вес в воде заглубляющих грузов, вес цепи распределенной по нижней подборе и подъемная сила гидродинамического подъемного устройства и кухтылей на верхней подборе.

В ММ траловой системы учитываются силы, приложенные к канатной оснастке (ваерам, кабелям и голым концам подбор): вес стальных канатов в воде и гидродинамическая сила, развивающаяся на ваерах.

ММ траловой системы представляет собой уравнения движения указанных элементов под действием приложенных к ним сил тяжести, гидродинамических и "упругих" сил. Это уравнения пространственного вращения досок в потоке жидкости и движения шестнадцати материальных точек, представляющих трал. В уравнениях вращения досок отброшены члены, содержащие произведения угловых скоростей, и вместо всех этих членов в оба уравнения введен демпфирующий момент пропорциональный угловой скорости доски.

Ваерные лебедки смоделированы с помощью зависимости радиуса барабана с намотанным на него ваером от длины вытравленного ваера и зависимости момента на барабане лебедки от скорости вращения при различном положении ручки управления лебедкой.

Канаты ваеров предполагаются стальными. Погонная масса, вес и гидродинамическая сила рассчитываются по заданному диаметру.

Тип ваерной лебедки однозначно связан с типом судна. Тип ваерной лебедки определяет параметры механической характеристики ее привода (зависимость момента на барабане от скорости его вращения при различных положениях ручки управления), а также максимальную длину ваеров, диаметр ваера, диаметр и длину ваерного барабана (т.е. зависимость линейной скорости движения ваера от скорости вращения барабана и длины ваера).

### ***Математическая модель донного трала***

Математическая модель движения донного трала является квазидинамической и включает в себя:

- дифференциальные уравнения динамики системы материальных точек, размещенных по подборам трала и соединенных упругими связями;
- дифференциальные уравнения динамики твердого тела, описывающие движение распорных досок;
- дифференциальные уравнения динамики системы материальных точек, моделирующих грунтроп, соединенных упругими связями между собой и с точками нижней подборы.

ММ моделирует движение канатно-сетной части донного трала, грунтропа и досок в процессе буксировки вдоль донной поверхности. ММ донного трала позволяет проводить настройку параметров теоретического чертежа трала, настройку параметров схемы канатной оснастки, настройку параметров грунтропа и настройку досок. Модель грунтропа состоит из центральной и двух крыловых секций. Общая длина грунтропа задается при настройке. Набивка секций грунтропа осуществляется путем задания типа и количества бобинцев, катушек, прокладок и массы цепей. В ММ смоделировано влияние настройки грунтропа на коэффициент перекрытия зазора между дном и нижней подборой в процессе буксировки при выбранных значениях параметров буксировки и произвольно задаваемых параметрах микрорельефа донной поверхности. Моделируются гидродинамические и грунтодинамические силы, действующие на грунтроп и распорные доски. Смоделировано частичное погружение распорных досок в грунт.

### ***Параметры траловой системы***

Реализована предустановка параметров конструкции для перечисленных ниже типов тралов:

2439-01 "Севрыба"

2499 "Севрыба"

2444 "Севрыба"

2214-01 НПО «Промрыболовство»

**Параметры конструкции разноглубинного трала**

длина верхней подборы, м .....	0-1000
длина боковой подборы, м .....	0-1000
удвоенная длина сборочных, м.....	0-500
масса стальных канатов трала, т .....	0-5
площадь нитей трала, мм <sup>2</sup> .....	0-2000
коэффициент сопротивления .....	0-1
коэффициент горизонтальной стягивающей силы .....	0-1
коэффициент вертикальной стягивающей силы .....	0-1

**Оснастка нижней подборы трала**

масса заглубляющих грузов на крыло, т .....	0-5
длина загрузочной цепи на нижней подборе, м .....	0-1000
(масса 1 погонного метра цепи равна 8,2 кг)	

**Оснастка верхней подборы трала**

количество куктылей, шт. ....	0-250
площадь гидродинамич. подъемного устройства, м <sup>2</sup> .....	0-10

**Параметры конструкции и настройки траловых досок**

площадь, м <sup>2</sup> .....	4-10
угол наклона дуги траловой доски, град. ....	0-180
точка крепления основания дуги .....	3 поз.
точка крепления верхней (нижней) лапок .....	4 поз.
точка крепления ваера .....	3 поз.
количество килевых пластин, шт. ....	0-7

Геометрические пропорции и гидродинамические качества доски предполагаются неизменными, соответствующими доске 8м<sup>2</sup> пр.2490 НПО “Промрыболовство”. Масса доски считается пропорциональной площади доски.

**Параметры настройки канатной оснастки трала**

диаметр кабелей, мм .....	10-40
длина лапок доски, м .....	0-1000
длина кабелей, м .....	0-1000
длина голых концов подбор, м .....	0-500
удлинение нижних кабелей, м .....	0-500
удлинение голых концов верхней подборы, м .....	0-500
удлинение голых концов нижней подборы, м .....	0-500



удлинение верхних голых концов боковых подбор, м ..... 0-500  
 удлинение нижних голых концов боковых подбор, м ..... 0-500

### 3.7 Моделирование лова кошельковым неводом

#### *Описание процедуры постановки невода*

После нажатия на пульте тралмастера кнопки **PURSE SEINE** сбрасывается пятной буй, который некоторое время увлекается движением судна. Расстояние протаскивания буй (т.е. смещение буй от момента сброса до момента остановки) зависит от скорости судна в начале замета  $v_c$ . В тренажере время от момента сброса буй до момента его остановки принято равным 10 с. Поэтому смещение буй можно вычислить по формуле:

$$s_{\delta} = 10 (v_c / 2) = 5v_c,$$

где  $s_{\delta}$  – смещение буй в метрах,  $v_c$  – скорость судна в метрах в секунду. Смещение буй в начале замета должно быть учтено при выборе точки отдачи невода. При замете невода необходимо учитывать пространственную форму косяка и его движение, а также скорость и направление ветра и течения (поверхностного и подводного). В модели учитывается действие ветра и поверхностного течения на судно, а также действие подводного и поверхностного течения на невод. Кроме того, в процессе замета и кошелькования косяк, в соответствии с известным поведением рыб, активно пытается выйти из окружаемого неводом пространства путем погружения и ухода от стенки невода.

Выбрав наиболее подходящий момент для приема пятного буй в конце замета, следует на пульте тралмастера нажать кнопку **BUOY**. При этом концы стяжного троса заводятся на лебедки в соответствии с промысловой схемой для судна пр.503 и начинается моделирование процесса кошелькования. Управляя ваерными лебедками (совместно или по отдельности), следует как можно быстрее выбирать стяжной трос с тем, чтобы не допустить выхода косяка из обметанного пространства. Одновременно нужно следить (на мониторах надводной обстановки системы визуализации тренажера), чтобы верхняя подбора невода не тонула. Кроме того, управляя ВРШ, рулем, кормовым и носовым ПУ, нужно обеспечивать положение судна относительно невода, исключаящее намотку сети на винт.

Когда длина стяжного троса, свисающего с борта судна, станет меньше 5 метров, ваерные лебедки автоматически отключаются, после чего повторное длительное (более 2-х секунд) нажатие на кнопку **PURSE SEINE** приведет не только к снятию невода, но и к расчету улова.

### ***Математическая модель кошелькового невода***

Кошельковый невод моделируется как система материальных точек, размещенных равномерно по стенке невода и связанных друг с другом нитями, длины которых определяются расстояниями между соответствующими точками развертки невода в конструктивной посадке. Действие этих нитей моделируется с помощью упругих сил. Помимо упругих сил, на материальные точки модели действуют также силы тяжести оснастки невода и гидродинамические силы, пропорциональные квадрату скорости точек относительно воды.

Процесс выборки стяжного троса моделируется с учетом механической характеристики ваерной лебедки, а также с учетом проскальзывания стяжного троса в кольцах, так что натяжение и скорость выборки стяжного троса на пятном и бежном концах могут различаться.

В тренажере представлены математические модели трех типов кошельковых неводов: 750x150, 940x100 и 1400x200 со стандартными настройками. Имеется редактор неводов, позволяющий производить настройку невода на основные конструктивные размеры и вооружение.

## **3.8 Модель движения яруса**

### ***Описание процедуры постановки яруса с якорем***

После нажатия кнопки на дисплее пульта тралмастера **LONGLINE** якорь сбрасывается с борта, причем начальная длина линия устанавливается равной 10 м. Дальнейшее травление ярусного порядка осуществляется правой ярусной лебедкой на консоли управления орудиями лова (моделируется ярусная лебедка, расположенная на корме судна). Первым вытравливается якорный линь, затем без остановки травления на воду спускается первый буй и начинается травление первой секции яруса. Регулировка скорости травления осуществляется при помощи лебедки. После того, как вся длина ярусного порядка вытравлена на воду без остановки судна и дополнительной команды с пульта на воду спускается последний буй и травление прекращается.

Выборка ярусного порядка осуществляется при помощи левой ваерной лебедки на консоли управления орудиями лова (моделируется ярусная лебедка, расположенная на носу судна). Для того чтобы начать выборку ярусного порядка, необходимо подойти к последнему бую порядка и нажать кнопку **BOUY**. После этого последний буй оказывается на палубе судна и начинается моделирование процесса выборки ярусного порядка. Регулировка скорости выборки осуществляется при помощи лебедки. Буи и грузы берутся на борт без остановки процесса выборки и дополнительных команд с пульта.

### ***Математическая модель пелагического яруса с якорем***

Ярусный порядок моделируется с большой степенью детализации. В математической модели отдельными материальными точками представлены якорь, каждый буй, каждый груз, каждый крючок, каждая точка крепления поводца к хребтине, каждая точка крепления буйрепа и грузового линя к хребтине. Якорный линь моделируется набором материальных точек (от 5 до 10 в зависимости от длины линя).

Элементы математической модели ярусного порядка взаимодействуют между собой посредством упругих сил, моделирующих действие веревки, связывающей элементы реального ярусного порядка. Величина этих сил определяется текущим расстоянием между двумя элементами системы, длиной веревки, связывающей эти элементы и «коэффициентом упругости».

В математической модели ярусного порядка гидродинамические силы, действующие на все элементы ярусного порядка, подъемная сила на буях, сила веса всех элементов ярусного порядка.

Математическая модель ярусного порядка представляет собой уравнения движения всех элементов под действием приложенных к ним сил тяжести, гидродинамических и упругих сил.

## **3.9 Математические модели объектов лова**

### ***Общее описание математической модели рыбных косяков***

Вводится два типа косяков: пелагические (подвижные) и придонные (неподвижные). Придонные неподвижные косяки и пелагические подвижные косяки имеют форму шара (в рассматриваемой модели придонные неподвижные косяки кошельковым неводом не облавливаются). Для реалистического моделирования взаимодействия объектов лова с кошельковым неводом объект лова рекомендуется составлять из нескольких близко расположенных шарообразных пелагических косяков небольшого радиуса с одинаковым вектором скорости. При соприкосновении со стенкой невода входящие в такой объект отдельные пелагические косяки будут вести себя независимо, косяк "рассыплется", а его части будут иметь реальные шансы выйти из охваченного неводом пространства. Кроме того, таким способом решается проблема моделирования изменения геометрической формы и размеров косяка из-за уменьшения геометрических размеров сети в процессе кошелькования.

При расчете улова кошельковым неводом для каждого пелагического косяка определяется, находится ли он в обметанном пространстве или нет. Если да, то такой косяк считается полностью обловленным. Об успешности действий

капитана можно судить по тому, какую часть облавливаемой группы пелагических косяков удалось поймать.

Для простоты принято, что пелагические косяки движутся равномерно и прямолинейно на постоянной заданной глубине, если они удалены на достаточное расстояние от судна и орудий лова. В процессе взаимодействия с судном или орудиями лова косяки могут изменять глубину погружения и вектор скорости. При удалении от указанных объектов заданный вектор скорости косяка относительно подводного течения восстанавливается.

В принятой модели придонные косяки облавливаются только тралом. Улов для трала считается пропорциональным протраленному объему косяка. Принято, что неподвижные придонные косяки на судно и орудия лова не реагируют.

Пелагические подвижные косяки реагируют не только на стенку невода, но также на траловые доски и судно. Все время, в течение которого косяки находятся достаточно близко к доскам, глубина их погружения увеличивается.

Пелагические косяки, оказавшиеся вблизи судна, изменяют вектор горизонтальной скорости и погружаются, пока их глубина не станет достаточно большой, после чего погружение прекращается и восстанавливается заданный вектор горизонтальной скорости.

Для простоты, распределение рыб в косяке принимается равномерным. Количество рыб в  $1\text{ м}^3$  протраленного объема определяется коэффициентом  $k_f$  плотности размещения рыб в косяке и размером рыб (длина рыбы  $l_f = 0,05 - 1,0$  м). Коэффициент  $k_f$  определяется отношением среднего расстояния между особями  $d_f$  к длине рыбы  $l_f$  ( $k_f = d_f / l_f$ ). Приняты следующие значения коэффициента  $k_f$ : для плотного косяка  $k_f = 2$ , для нормального  $k_f = 2,5$ , для разреженного  $k_f = 6$ . Если принять, что масса одной рыбы пропорциональна кубу ее линейных размеров:

$$m_f = 10l_f^3,$$

где  $m_f$  – масса рыбы в килограммах,  $l_f$  – длина рыбы в метрах, то масса рыб, приходящаяся на единицу объема, будет зависеть только от коэффициента плотности размещения рыб  $k_f$

$$\rho_f = m_f / (k_f l_f)^3 = 0,01 / k_f \text{ т/м}^3.$$

Задавая различные значения плотности рыб в косяке и размера рыб, инструктор может продемонстрировать связь между этими параметрами и амплитудой эхосигнала.

### ***Параметры модели рыбных косяков***

Инструктором задаются следующие параметры:

Тип косяка.....	пелагический /донный
Координаты косяка (x, y), миль .....	$\pm 50$
Глубина косяка, м .....	0-4000
Горизонтальная скорость, м/с .....	0-5
"Курс"/направление движения, град.....	0-360
R (радиус) косяка, м .....	5-50
Плотность косяка.....	плотный/нормальный/разреженный
Размер рыбы, см .....	5-100

Глубина для донных косяков не задается. Она устанавливается автоматически так, чтобы центр косяка оказался на дне. Таким образом, для облова тралом доступна только половина косяка, что учитывается при расчете улова. Для донных косяков скорость не задается.

Рыбный слой представляет собой пространственную область, в которой рыбы находятся на больших расстояниях друг от друга, так что эхосигнал от рыб имеет специфический характер сигнала от одиночной рыбы. Задавая в промысловом районе рыбный слой, инструктор может проводить обучение работе с гидроакустическими рыбопоисковыми приборами. Улов по рыбному слою вычисляется исходя из количества рыб, попавших в устье трала. Моделируется пелагический и придонный рыбный слой.

### ***Параметры модели пелагического рыбного слоя***

Инструктором задаются следующие параметры:

Глубина нижней границы рыбного слоя, м .....	100-600
Толщина рыбного слоя, м .....	10-100
Средняя длина рыбы в слое, см .....	5-100
Плотность рыбного слоя: .....	слаборазреженный/разреженный

В тренажере представлено 4 вида пород рыб с различной отражательной способностью в зависимости от породы рыб.

### ***Параметры модели придонного рыбного слоя***

Инструктором задаются следующие параметры:

Толщина рыбного слоя, м .....	10-100
Средняя длина рыбы в слое, см .....	5-100
Плотность рыбного слоя: .....	слаборазреженный/разреженный

В тренажере представлено 4 вида пород рыб с различной отражательной способностью в зависимости от породы рыб.

### **3.10 Модель донной поверхности**

Донная поверхность формируется на основе реальных промысловых планшетов или навигационных карт с масштабом, необходимым для отработки задач промыслового судовождения и лова рыб. Донной поверхности может быть задан один из типов грунта: ил, песок, камни, валуны, ровные скалы и изрезанные скалы, что учитывается в модели отраженного от дна акустического эхосигнала.

Трехмерная форма донной поверхности получается путем оцифровки конкретных промысловых районов и дальнейшей триангуляции информации о глубинах (изобат и точек глубин). В результате триангуляции получается трехмерная модель донной поверхности, которая используется в моделях работы гидроакустической аппаратуры, моделях движения рыбных скоплений и орудий лова.

### **3.11 Характеристики водной среды (моря)**

Характеристики водной среды в промысловом районе задаются инструктором и описываются следующими параметрами: поверхностная температура, поверхностное течение (курс и скорость), глубинное течение (курс и скорость), сила объемной реверберации, график изменения скорости звука по глубине (три точки), соленость воды, сила ветра или балльность моря.

## **4 ПУЛЬТЫ И ПАНЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ СУДНОМ, ОРУДИЯМИ РЫБОЛОВСТВА И РАДИОЭЛЕКТРОННЫМИ ПРИБОРАМИ**

Пульты управления судном, орудиями рыболовства и судовыми радиоэлектронными приборами реализованы в виде консолей с панелями управления. Органы управления реализованы на базе кнопок без фиксации и датчиков угловых перемещений без крайних положений. Это позволяет осуществлять предустановку органов управления пультов при загрузке сценария и продолжать тренировку. На пультах расположены также индикаторы (цифровые и светодиоды).

Аппаратная реализация большинства органов управления улучшает реалистичность восприятия обучаемым каждого отдельного прибора. Панели управления подключены к компьютерам.



## **5 ЗАДАЧИ, РЕШАЕМЫЕ НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ ИНСТРУКТОРА РЫБОПРОМЫСЛОВОГО ТРЕНАЖЕРА РПТ-4000**

Рабочее место инструктора обеспечивает формирование упражнений, включая:

- выбор района проведения тренировки;
- задание характеристик окружающей обстановки (ветер, течение, температура, туман, дождь, облачность, соленость воды и т.д.);
- установку судов-целей и задание их маневров;
- задание характеристик донной поверхности;
- задание параметров рыбных скоплений;
- задание используемого орудия рыболовства;

Рабочее место инструктора обеспечивает оперативный контроль за выполнением упражнений, в том числе:

- наблюдение за навигационной обстановкой, ситуацией лова (взаимным положением активных судов и судов-целей, относительным положением орудий лова, рыбных скоплений и донной поверхности);
- оперативное изменение положений и параметров движения судов-целей, управление огнями и флагами судов-целей, изменение параметров рыбных скоплений, характеристик водной среды, донной поверхности;
- ведение протокола тренировки (накопление координатной информации по всем динамическим объектам, автоматическая фиксация команд изменения состояний навигационной и рыбопромысловой аппаратуры, автоматическая фиксация и выдача сообщений об аварийных ситуациях).

Рабочее место инструктора позволяет выполнять разбор результатов тренировки, в том числе:

- проигрывание протокола тренировки в реальном и ускоренном времени с возможностью «Паузы» и «Продолжения»;
- переход к любой точке протокола тренировки;
- переход в режим моделирования из любой точки протокола.

К задачам, решаемым на рабочем месте инструктора, относится также ведение библиотеки упражнений.

Отдельной задачей для программного обеспечения рабочего места инструктора является обработка аварийных ситуаций.

В процессе тренировки математические модели движения судов или модели системы «Судно–Орудие рыболовства» автоматически фиксируют



возникновение аварийных ситуаций. Под аварийной ситуацией понимается такая навигационная или промысловая обстановка, в которой неизбежно возникают необратимые последствия, препятствующие продолжению движения судна или лова. Примером такого рода ситуации является столкновение судов или, например, посадка разноглубинного трала на дно, приводящая к порыву трала.

Ниже приводится список фиксируемых аварийных ситуаций:

- Зацеп дна левым крылом пелагического трала;
- Зацеп дна правым крылом пелагического трала;
- Зацеп дна левой доской пелагического трала;
- Зацеп дна правой доской пелагического трала;
- Зацеп дна нижней подборой пелагического трала;
- Опасное сближение с другим судном;
- Перехлест с тралом другого судна;
- Посадка на мель;
- Обрыв ваера пелагического трала;
- Обрыв ваера донного трала;
- Перехлест досок донного трала;
- Недопустимая скорость судна с тралом;
- Недопустимый поворот судна с тралом;
- Недопустимый поворот судна с неводом;
- Недопустимая скорость судна с неводом;
- Обрыв невода;
- Недопустимая высота невода;
- Повреждение ваера пелагического и донного трала винтом судна;
- Наезд судном на невод (намотка невода на винт);
- Разрыв якорного линия пелагического яруса;
- Наезд судна на выставленный пелагический ярус;
- Недопустимый курс судна с ярусом;
- Недопустимая скорость судна при постановке (выборке) пелагического яруса.