

Т.С. Клименко

ТРЕНАЖЕР ДЛЯ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО УПРАВЛЕНИЮ ТЕЛЕУПРАВЛЯЕМЫМИ НЕОБИТАЕМЫМИ ПОДВОДНЫМИ АППАРАТАМИ В ОСОБО СЛОЖНЫХ УСЛОВИЯХ

Клименко Татьяна Сергеевна, окончила Национальный исследовательский ядерный университет «Московский инженерно-физический институт». Инженер 2 категории ОАО «ЦНИИ «Курс». Имеет статьи в области систем автоматизированного проектирования для судостроительной отрасли и программных систем управления обитаемыми подводными аппаратами. [e-mail: klimenkot@list.ru].

Аннотация

В статье предложено описание учебно-тренировочного комплекса для подготовки операторов по управлению телеуправляемыми обитаемыми подводными аппаратами при проведении аварийно-спасательных работ в зонах чрезвычайных ситуаций, включая подводное разминирование.

Ключевые слова: тренажер, обитаемый подводный аппарат, обучение операторов, телеуправляемый обитаемый подводный аппарат, подводный робот.

Введение

С каждым годом сложность технологических операций, выполняемых с помощью обитаемых подводных аппаратов (НПА), постоянно возрастает, что влечет за собой повышение объемов обрабатываемой информации, увеличение психологических нагрузок на операторов, частое возникновение сбоев в работе оборудования. Все это указывает на необходимость разработки и усовершенствования технических средств подготовки операторов.

Невозможность проведения обучения на реальных эксплуатируемых аппаратах обуславливается рисками возможных аварий или потери дорогостоящих аппаратов, поэтому начальную подготовку операторов НПА следует проводить на специально разработанных тренажерах.

Учебно-тренировочные комплексы, предназначенные для подготовки операторов НПА, должны обеспечивать:

- экономическую эффективность учебно-тренировочного процесса;
- возможность отработки тактических вопросов в части применения аппаратов;
- планирование сложных технологических операций;
- возможность гибкой модификации тренажера и создания на его основе учебно-тренировочного средства для подводных аппаратов нового поколения [1];
- высокий уровень готовности оператора к управлению реальным НПА: работа без риска повреждения аппарата.

В настоящее время в ОАО «ЦНИИ «Курс» разрабатывается учебно-тренировочный комплекс, предназначенный для подготовки операторов по управлению телеуправляемыми необитаемыми подводными аппаратами (ТНПА) при проведении аварийно-спасательных работ в зонах чрезвычайных ситуаций, включая подводное разминирование.

Предназначение тренажера

Данный комплекс будет использоваться при проведении занятий и тренировок операторов ТНПА с целью поддержания и повышения их профессионального мастерства в выполнении следующих работ:

- осмотр трубопроводов и кабельных линий;
- подледные работы;
- работы на нефтяных и газовых промыслах;
- установка гидроакустических маркеров и подъем предметов, захваченных манипулятором;
- выполнение поисковых (допоисковых) и обследовательских работ в прибрежных морских или внутренних водах;
- поддержка подводно-технических работ, выполняемых водолазами;
- обеспечение безопасности акваторий портов;
- обнаружение посторонних предметов;
- исследование корпусов кораблей;
- участие в спасении подводных лодок.

На тренажере имеется возможность одновременного обучения двух экипажей ТНПА.

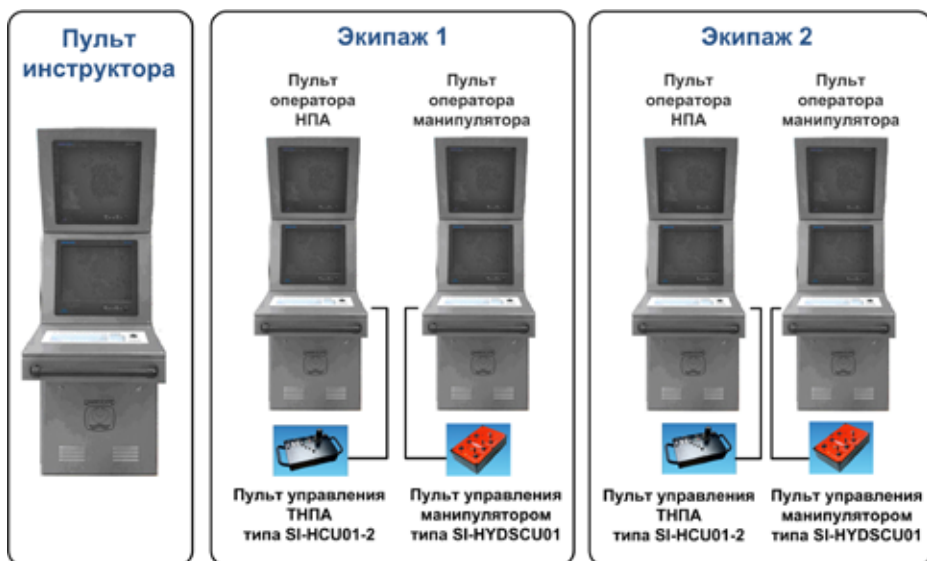


Рис. 1. Структурная схема технических средств тренажера ТНПА

Состав тренажера

Тренажер УТМК включает в себя пять автоматизированных рабочих мест (АРМ): рабочее место инструктора, два рабочих места операторов НПА, два рабочих места операторов манипулятора НПА.

АРМ операторов и инструктора представляют собой двухмониторные стойки.

Структурная схема технических средств тренажера представлена на рисунке 1.

К тренажеру подключен пульт управления ТНПА «Falcon» (рис. 2) и пульт управления манипулятором с пятью степенями свободы ТНПА «Falcon» (рис. 3).

Для проведения обучения операторов ТНПА другого типа («Обзор», «Pantera+» или «Tiger») возможно подключение других пультов управления.



Рис. 2. Пульт управления ТНПА типа SI-HCU01-2



Рис. 3. Дополнительный пульт ручного управления типа SI-HYDSCU01

Программное обеспечение тренажера

Структура программного обеспечения (ПО) тренажерного комплекса представлена на рисунке 4.

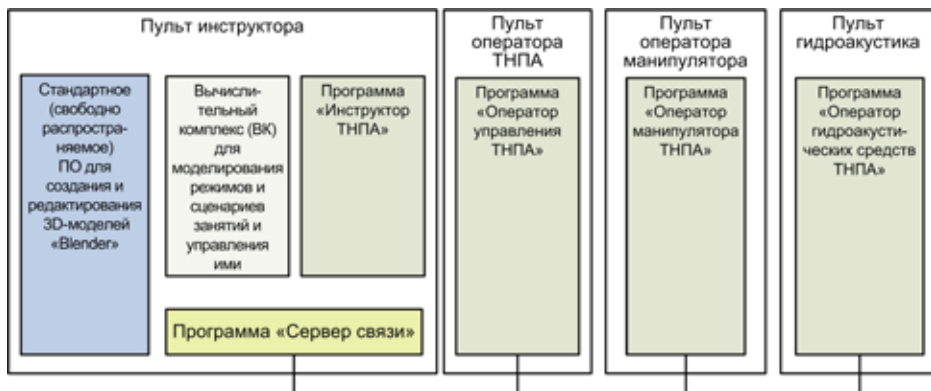


Рис. 4. Структура ПО тренажерного комплекса

Множество разработанных программ в ПО УТМК соответствует логическому разделению по рабочим местам.

На рабочем месте инструктора:

- программа «Сервер связи»;
- программный модуль «ВК для моделирования режимов и сценариев занятий и управления ими»;
- программа «Инструктор ТНПА».

На рабочем месте оператора управления ТНПА – программа «Оператор управления ТНПА».

На рабочем месте оператора манипулятора – программа «Оператор манипулятора ТНПА».

На пульте гидроакустики – программа «Оператор гидроакустических средств ТНПА».

Для разработки и добавления трехмерных моделей выполняется стандартное (свободно распространяемое) ПО для создания и редактирования 3D-моделей «Blender».

ПО АРМ инструктора

Схема логических модулей ПО рабочего места инструктора представлена на рисунке 5.

Программный модуль «ВК для моделирования режимов и сценариев занятий и управления ими» объединяет в себе все программные средства по

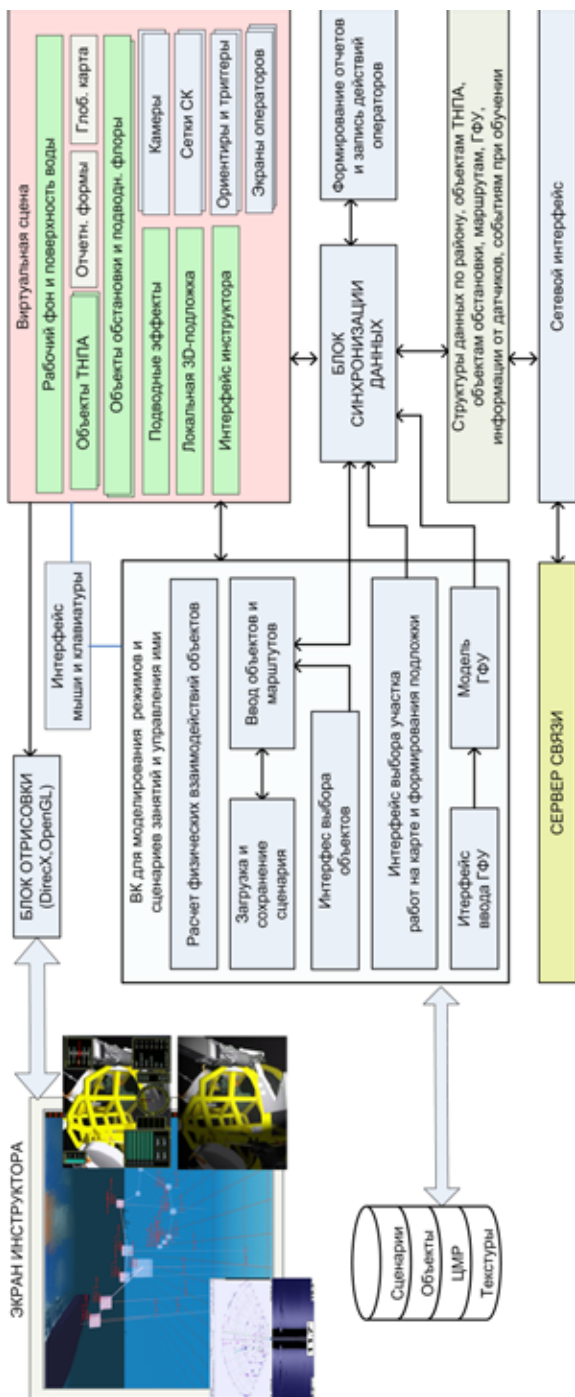


Рис. 5. Схема логических модулей ПО рабочего места инструктора

загрузке и редактированию сценария обучения и соответствующий интерфейс, визуальная часть которого выводится на экран пульта оператора. В состав ВК включен блок расчета физических взаимодействий объектов, обеспечивающий их корректное расположение относительно друг друга на виртуальной сцене, исключая проваливание и взаимное пересечение. ВК подсоединен к структурированной области данных, в которой находятся подготовленные сценарии обучения, трехмерные объекты внешней обстановки с соответствующими техническими характеристиками и описанием, цифровые модели рельефа (ЦМР) земли и текстуры ЦМР и трехмерных объектов.

Алгоритм работы ВК в процессе подготовки сценария связан с последовательностью действий инструктора, при этом инструктор (рис. 6):

- выбирает на фоне основной карты района заранее подготовленные участки проведения подводных работ (1×1 км) и загружает их в качестве рельефной подложки (ЦМР) [2];
- располагает на фоне ЦМР объекты внешней обстановки (кабели, мины, исследуемые объекты, подводный мусор);
- вводит опорные точки маршрутов движения ТНПА с описанием задания для выполнения операторами, проводит соответствующие измерения расстояний и расчет номинального времени выполнения задания;
- задает начальные гидрофизические условия (ГФУ) водной среды и динамику их изменения в процессе тренажа;
- сохраняет или загружает подготовленный сценарий обучения;
- располагает новые «вводные» объекты, подводные эффекты на виртуальной сцене или события, происходящие в процессе обучения;
- переводит УТМК из режима подготовки сценария в режим проведения обучения и контроля действий операторов.



Рис. 6. Последовательность действий инструктора при подготовке сценария обучения

Внешняя по отношению к ВК программа «Инструктор ТНПА» обеспечивает загрузку и использование всех подключенных библиотек и программных модулей, предназначенных для формирования трехмерной виртуальной сцены и объектов на ней, а также отображение всех визуальных элементов ВК (глобальной карты, отчетных форм обучения, экранных интерфейсов для подготовки сценария). Программа включает в свой состав: виртуальную сцену, структуры данных по всем объектам, событиям и условиям, сетевой интерфейс, взаимодействующий с сервером связи, блок формирования отчетов и записи действий операторов, блок синхронизации данных между всеми элементами программы, интерфейс клавиатуры и мыши.

Алгоритм работы программы «Инструктор ТНПА» заключается в следующем (рис. 7):

- инструктор с помощью ВК подготавливает или загружает на рабочий фон виртуальной сцены сценарий проведения обучения, который после перехода УТМК в режим обучения и контроля автоматически загружается в соответствующем ПО операторов;
- данные операторов в процессе обучения и контроля автоматически (по сети через сетевой интерфейс) поступают в программу инструктора, где сохраняются на каждый момент времени;
- блок синхронизации данных автоматически транслирует наиболее «свежие» данные из структур своим потребителям по соответствующему программному протоколу (вызов функций с различными аргументами);
- все действия операторов (нажатия кнопок и перемещения джойстиков пультов) регистрируются блоком «Формирования отчетов и записи действий операторов» на каждый момент времени по данным синхронизации; после окончания обучения этот блок формирует отчет о действиях операторов и результатах выполнения ими работ;
- одновременно данные от действий операторов поступают на виртуальную сцену, где они представляются в виде перемещений объектов ТНПА (с объектами манипуляторной обвязки) и объектов внешней обстановки;



Рис. 7. Работа с программой «Инструктор ТНПА»

– по умолчанию на экран инструктора выводится изображение с камеры, расположенной в удобной точке наблюдения за обстановкой, однако при переключении на соответствующую виртуальную камеру оператор наблюдает непосредственные действия оператора в режиме «от первого лица»;

– при использовании операторами кнопок и джойстиков соответствующих пультов данные действия дублируются на виртуальных копиях этих пультов на экране инструктора.

Программа «Сервер связи» построена по принципу стандартных клиент-серверных приложений и реализует сервер протокола TCP / IP.

ПО АРМ оператора ТНПА

ПО рабочего места оператора ТНПА построено по аналогии с ПО рабочего места инструктора за исключением блоков подготовки сценариев. ПО дополнено блоками формирования реалистичного телевизионного изображения подводной обстановки от камеры ТНПА, а также физико-математической моделью расчета взаимодействия объектов. Присутствует имитация физических и визуальных эффектов, возникающих при столкновениях ТНПА с грунтом, при разрезании кабелей, при прохождении аппаратом зоны турбулентности, вызванной движениями других объектов или, например, давлением жидкости или газа из разорванного трубопровода. Структурная схема программы представлена на рисунке 8.



Рис. 8. Структура программы оператора ТНПА

Программа состоит из следующих блоков:

- виртуальной сцены с загруженной ЦМР, интерфейсом оператора и объектами обстановки;
- моделей датчиков, установленных на ТНПА (приемник ГАНС, лаг, эхолот);
- программного интерфейса пульта управления, который формирует команды для физической модели движения ТНПА, а также для исполнительных механизмов аппарата после соответствующей их обработки аналогово-цифровым преобразователем;
- сетевого интерфейса – клиента TCP / IP для сервера связи;
- интерфейса мыши и клавиатуры для обработки команд этих устройств.

Алгоритм работы программы оператора ТНПА заключается в следующем (рис. 9):

- программа при запуске на экране оператора формирует наблюдаемую через камеру ТНПА внешнюю обстановку, расположение объектов которой задается инструктором на этапе подготовки сценария;
- начало работ по управлению ТНПА происходит от точки старта («гараж» ТНПА) до точки назначения по маршруту, назначенному инструктором;
- в процессе работы оператор управляет виртуальным ТНПА посредством реального пульта управления, подключенного к оборудованию рабочего места, команды которого транслируются через соответствующий интерфейс и направляются в блок физических взаимодействий объектов;
- обработанные математическими и физическими моделями команды переводятся в координаты объекта ТНПА, по которым виртуальная сцена обеспечивает размещение и динамику сложного перемещения аппарата среди других объектов обстановки;
- математические и физические модели обеспечивают расчет динамики перемещения ТНПА в воде, столкновения его с грунтом и другими объектами внешней обстановки, поведение аппарата при попадании его в область турбулентности;



Рис. 9. Работа с программой оператора ТНПА и исполнительных механизмов

– параметры движения аппарата, состояние его систем, показания датчиков отображаются на экранном интерфейсе оператора, который является интерактивным, что обеспечивает дополнительное управление ТНПА через клавиатуру и мышь пульта;

– через сетевой интерфейс все координаты перемещения и состояния ТНПА передаются в единое информационное пространство, обеспечиваемое сервером связи, для контроля действий оператора инструктором.

ПО АРМ оператора манипулятора ТНПА

ПО АРМ оператора манипулятора ТНПА выполнено аналогично ПО рабочего места оператора ТНПА, за исключением моделей датчиков навигации и движения аппарата. Программа дополнена блоком «Модель манипуляторов», где с геометрической точностью воссозданы габариты применяемых многостепенных манипуляторов с соответствующими ограничениями по перемещению их отдельных элементов. Структурная схема программы представлена на рисунке 10.

В процессе работы оператор манипулятора управляет виртуальным манипулятором посредством реального (многорычажного) пульта управления, подключенного к оборудованию рабочего места, команды которого транслируются через соответствующий интерфейс и направляются в блок физических взаимодействий объектов; в зависимости от типа ТНПА могут применяться пульта для управления одним или двумя манипуляторами.

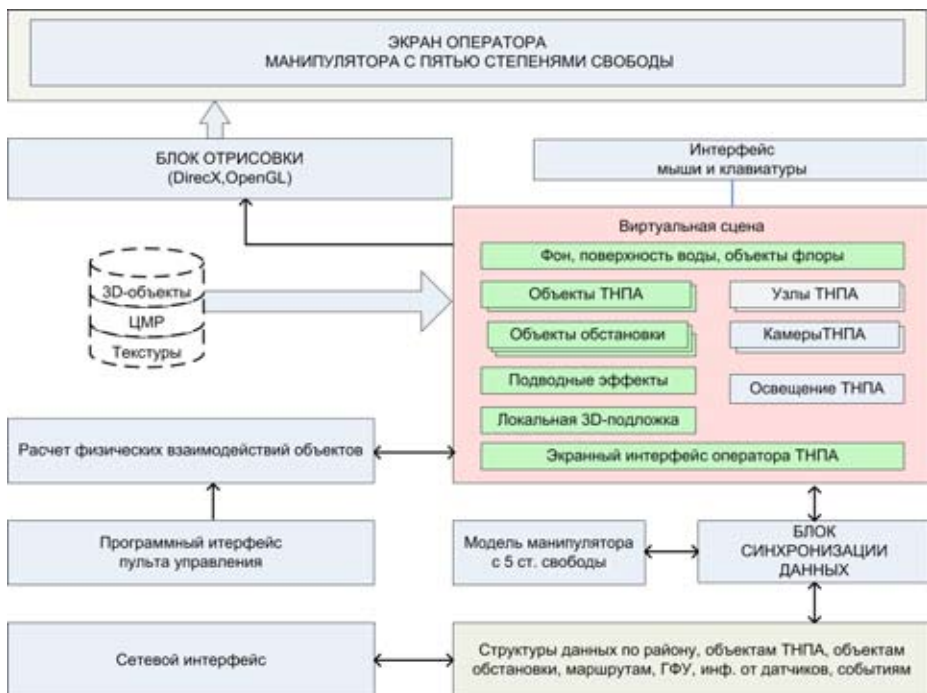


Рис. 10. Структура ПО рабочего места оператора манипулятора

Обработанные математическими и физическими моделями команды переводятся в координаты движения элементов манипулятора и отображаются на экране как перемещения виртуального (виртуальных) манипулятора(ов).

Блок физических взаимодействий модели обеспечивает расчет динамики перемещения элементов манипулятора(ов) в воде, столкновения с объектами и захват «пальцами» манипулятора предметов, размещенных в водной среде (инструментов, мин, тросов, обломков, мусора и т. д.).

Параметры движения элементов манипулятора и показания его датчиков отображаются на экранном интерфейсе.

Через сетевой интерфейс все координаты перемещения элементов манипулятора передаются в единое информационное пространство, обеспечиваемое сервером связи, для контроля действий оператора манипулятора инструктором.

ПО экрана гидроакустических средств ТНПА

Экран гидроакустических средств ТНПА расположен в верхней части стоек – рабочих мест оператора ТНПА и оператора манипулятора ТНПА.

В состав ПО данного экрана входят блоки математических моделей гидроакустических средств ТНПА.

Структура ПО экрана гидроакустических средств представлена на рисунке 11.

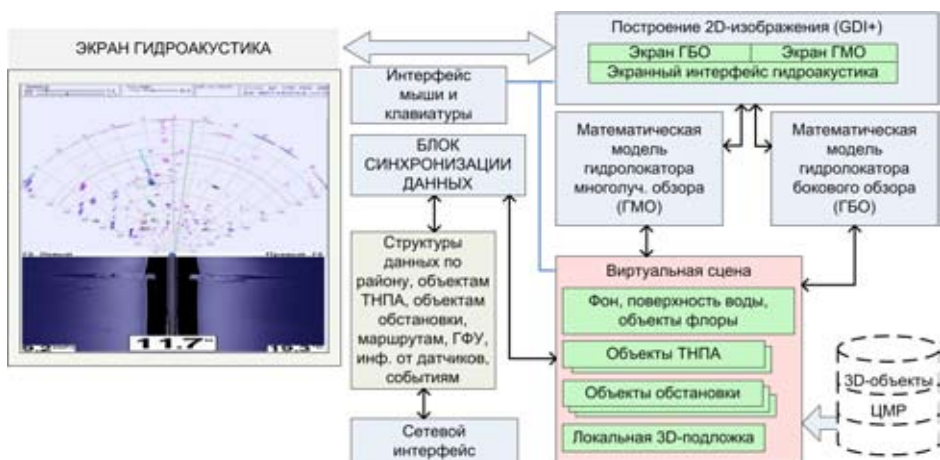


Рис. 11. Структура ПО экрана гидроакустических средств ТНПА

При нахождении виртуального ТНПА в воде ПО на экране формирует двухмерную картину отображения отраженных сигналов от средств гидролокаторов секторного обзора (ГСО) и ГБО в соответствующей развертке.

При формировании изображения на экране отраженная картина от ГСО представляется в виде секторной диаграммы с цветовым обозначением отраженных от подводных объектов сигналов, а от ГБО – в виде монохромной боковой развертки, представленной в проекции пути движения ТНПА.

Обзор аналогов

Проведен анализ существующих учебно-тренировочных комплексов подготовки НПА.

Рассмотрен ряд учебно-тренировочных комплексов (тренажеров) для подготовки операторов НПА: учебно-тренировочный комплекс НПА «Falcon», комплексы «VROV» и «VMAX», тренажерный комплекс противоминного НПА разработки НИИСМ МГТУ им. Н.Э. Баумана, – и выявлены их основные недостатки:

1. Органы управления тренажера не соответствуют реальным органам управления НПА.

2. Не предусмотрена возможность виртуального изменения конструкции НПА: отсутствует возможность добавлять или изменять навесное оборудование аппарата.

3. Возможности управления отработкой заданной миссии – приостановка, сохранение в произвольной точке с возможностью последующей загрузки – отсутствуют.

4. Не формируются отчеты о выполнении операторами миссий.

5. Инструктор не имеет возможности отслеживать действия обучаемых операторов.

6. Манипулятор с пятью степенями свободы не захватывает объекты, что иногда приводит к непониманию обучаемым, пройдена миссия или нет.

7. Объекты обстановки не взаимодействуют с аппаратом, физическая модель их влияния на аппарат неадекватна.

8. При имитации акустики помехи не учитываются.

9. Параметры внешней среды (направление и скорость течения, глубина) невозможно поменять в ходе выполнения миссии.

10. Отсутствует задание типа грунта. Тип грунта не учитывается при расчете показаний ГСО аппарата.

11. Инструктор может выбрать одну из нескольких (ограниченного количества) заданных разработчиком миссий и не имеет возможности создавать новые миссии.

12. В интерфейсе оператора отсутствует счетчик оборотов кабеля (если аппарат – ТНПА).

Все указанные недостатки учтены при проектировании тренажера для подготовки специалистов по управлению ТНПА в особо сложных условиях в ОАО «ЦНИИ «Курс».

Заключение

В статье рассматривается разрабатываемый в ОАО «ЦНИИ «Курс» учебно-тренировочный комплекс (тренажер), предназначенный для обучения специалистов по управлению ТНПА в особо сложных условиях. Представлено описание состава тренажера и структуры его ПО. В процессе работы над комплексом был проведен обзор аналогов разрабатываемого тренажера, выявлены их основные недостатки, которые впоследствии были учтены при проектировании учебно-тренировочного комплекса.

Тренажер планируется применять для подготовки операторов ТНПА «Falcon», «Обзор», «Pantera+», «Tiger» в интересах Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вельтищев В.В. Организация технических средств подготовки операторов подводных аппаратов // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. «Машиностроение». – 2012. – С. 24–31.
2. Илларионов А.В., Шеховцова И.В. Система задания и отображения обстановки на базе ГИС // Проблемы развития корабельного вооружения и судового радиоэлектронного оборудования. – 2012. – № 1. – С.10–19.