

В. В. В е л ь т и щ е в

**ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ
ПОДГОТОВКИ ОПЕРАТОРОВ ПОДВОДНЫХ
АППАРАТОВ**

Рассмотрены вопросы организации автономных и встроенных программно-аппаратных средств для подготовки операторов телеуправляемых необитаемых подводных аппаратов. Приведены практические разработки МГТУ им. Н.Э. Баумана в области тренажеров для подготовки операторов подводных аппаратов.

E-mail: wwwwelt@mail.ru

Ключевые слова: *симулятор, телеуправляемый необитаемый подводный аппарат, подготовка операторов.*

Оснащение обучающих центров подготовки операторов телеуправляемых необитаемых подводных аппаратов (ТНПА). Возрастающая сложность технологических подводных операций, выполняемых с помощью ТНПА, большой объем обрабатываемой информации, рост психологических нагрузок, сбои в работе оборудования — все это определяет важность разработки технических средств подготовки операторов [1]. Подтверждением актуальности проблемы подготовки операторов и поддержания навыков являются аварийные ситуации, которые возникают при выполнении подводно-технических и спасательных работ.

Высокая стоимость подводных аппаратов не позволяет проводить обучение на реальных комплексах, которые находятся часто в эксплуатации или экспедициях. Возможность выполнения таких тренировок на реальных ТНПА со спускоподъемными устройствами (СПУ) связана с значительными рисками ввиду возможных аварий или потери аппарата. Поэтому начальную подготовку операторов ТНПА проводят в учебных центрах, оборудованных тренажерами. Однако подготовка оказывается недостаточной из-за сложности информационного взаимодействия подводного комплекса ТНПА с системами корабельных служб и корабельной системы управления (КСУ) носителя.

Тренажерные комплексы (ТК), предназначенные для подготовки операторов ТНПА, обеспечивают:

- экономическую эффективность учебно-тренировочного процесса;
- возможность обеспечения высокой готовности операторов к работе без риска повреждения аппарата;
- возможность отработки тактических вопросов применения аппаратов;
- планирование сложных технологических операций;

- возможность гибкой модификации тренажера и создание на его основе учебно-тренировочного средства для подводных аппаратов нового поколения.

Мобильные тренажеры. В последнее время разрабатываются встроенные обучающие средства на основе мобильных тренажеров [2], которые позволяют поддерживать квалификацию операторов ТНПА непосредственно на транспортных средствах, кораблях и подводных лодках. Новые разработки мобильных тренажеров получают все более широкое распространение, так как они могут обеспечить контроль готовности операторов в местах базирования комплексов на реальных объектах управления. В такой ситуации оператор может отрабатывать свои действия на основе взаимодействия с экипажем всего корабля, где размещен мобильный тренажер. Тренажеры данного класса наиболее полно сохраняют все функциональные возможности подготовки в части изучения состава аппаратной части подводного комплекса. В режиме обучения в мобильных тренажерах используют пультовое оборудование, вычислители, каналы информационной связи из состава штатного реального образца. Энергетическое включение подводного аппарата и вспомогательных СПУ не проводится, тем самым обеспечивается сохранность и рабочий ресурс механической части.

Такие тренажеры могут быть развернуты на мобильных подводных комплексах вместе с телеуправляемыми аппаратами, размещаемыми в 20- или 40-футовых транспортных контейнерах. Контейнерные комплексы имеют возможность многократного перемещения, быстрого развертывания даже в недостаточно подготовленных для этого условиях, а также высокую надежность при эксплуатации в жестких климатических условиях, поскольку в них используются надежные технические средства реальных подводных комплексов на кораблях.

Разработки МГТУ им. Н.Э. Баумана. На протяжении 20 лет в университете разрабатываются телеуправляемые подводные комплексы и ТНПА, используемые для проведения подводных операций в экстремальных условиях эксплуатации. Как известно, управление ТНПА требует от операторов большой практики тренировок и навыков поведения в аварийных ситуациях. Поэтому в последних разработках предусматривается размещение программных средств тренажера в составе реального комплекса ТНПА. Для этого штатные программно-аппаратные средства комплекса модифицируются путем добавления подсистем моделирования технологических процессов, подсистем обучения и подготовки операторов. Безусловно, тренажер для обеспечения режима симуляции в реальном масштабе времени требует добавления вычислительных мощностей и использования всех свободных вычислительных ресурсов действующего комплекса.

В любом типе тренажеров необходимо использовать дополнительное программное обеспечение, моделирующее те или иные виды под-

водных работ, дополнительные органы управления и вычислительные средства (ВС). В современных тренажерах отсутствует жесткое разделение на программные и аппаратные средства. Имитаторы штатного оборудования часто изготавливаются на базе экранных панелей, на которых программным способом реализуется нужный прибор или информационная панель. Требование здесь одно — конструкция и функционирование тренажера не должны прививать ложных навыков при управлении объектом. Такой подход позволяет поддерживать процесс обучения на агрегатах, имеющих различные модификации панелей управления на рабочем месте оператора. Средства, обеспечивающие информационное поле рабочего места обучаемого с индикаторами приборной среды, имитацию внешней визуальной обстановки и моделирование логики работы объекта, образуют программно-аппаратный комплекс (ПАК). Ядром современного ПАК является специализированная вычислительная система, в которой функциональные возможности определяются используемыми аппаратными и программными средствами. В тренажере специализированные ВС объединяет средства сопряжения с имитаторами, сбора и обработки информации с датчиков положения органов управления, а также обеспечивают решение заранее определенного набора функциональных задач.

В МГТУ им. Н.Э. Баумана за последнее десятилетие было разработано несколько тренажеров в береговом или судовом исполнении.

Тренажеры в учебном центре. Для берегового исполнения ТК был оборудован имитаторами пультов управления и мониторами наблюдения тактической обстановки. Все другие судовые и забортные системы, системы управления, энергетическое оборудование, навигационная система, гидроакустическое оборудование моделировались на вычислительном комплексе тренажера. Вычислительная система строилась на базе трех-пяти офисных вычислительных машин. В качестве операционной системы использовали Windows XP. В ТК была реализована модульная архитектура на базе персональных машин, обычно используемых в тренажерах учебных центров. Такой вариант позволил использовать возможность масштабирования, проводить доработку ТС, которая регулярно выполняется в тренажерах этого класса в связи с появлением новых нештатных ситуаций и режимов управления без перекомпиляции всего программного комплекса.

Береговой тренажер конструктивно выполнялся в виде одного или двух рабочих мест обучаемых операторов с постом руководителя обучения.

Вычислительная система ТК выполняла решение уравнений движения модели подводного аппарата с учетом влияния кабеля, расчет моделей устройств управления движением, корабельных СПУ и механизмов спуска. Трехмерная (3D) модель ТНПА, модель корабля, визуальная модель дна с привязкой к существующей геоинформационной

карте дна в районе плавания были разработаны на основе интерполяционных методов генерации полигонов. Это обеспечило высокое качество телевизионного изображения морского дна, объектов на дне, модели ТНПК, забортных устройств и манипуляторов. Геометрические модели окружающей среды, модели дна для расчета гидроакустической картины и геометрии коллизий рассчитывались для специальных малополигональных сеточных представлений пространственных моделей.

Кроме общей физической модели поведения системы “носитель–кабель–ТНПА–манипулятор–объект” решались вопросы моделирования многих других подсистем комплекса. Среди этих задач учитывались системы и уравнения для моделей:

- динамики манипуляторов;
- приводов манипуляторов ТНПА;
- гидроаппаратуры;
- гидроприводов манипуляторов;
- динамики движительно-рулевого комплекса;
- функционирования эхолотов;
- функционирования гидролокатора секторного обзора;
- энергетических систем ТНПА;
- телевидения.

В системе были заложены вероятностные события аварий с учетом цепочки последующих отказов связанных систем. Предусмотрено введение аварийных событий с голосовым сообщением, выполняемое по указаниям руководителя обучения.

В задачи руководителя обучения входили следующие обязанности:

- управление обучением в режиме “Обучение” и “Экзамен”;
- выбор района акватории района действий;
- задание начальной оперативно-тактической обстановки с постановкой донных объектов;
- формирование и коррекция объектов для поиска и идентификации;
- ввод режимов обучения “Подготовка”, “Спуск”, “Работа” и “Подъем”;
- введение информации о надежности отдельных узлов и введение неисправностей;
- оценка хода ведения оперативных действий;
- проведение контрольных мероприятий и экзаменов;
- возможность моделирования аварийных ситуаций и отказов оборудования;
- отработка экипажем совместных действий при решении тактических задач совместно с КСУ носителя;

- организация и управление учебным процессом, ведение базы данных обучаемого экипажа.

В НУК СМ МГТУ им. Н.Э. Баумана были разработаны и созданы два тренажера для подготовки операторов в учебном центре подготовки личного состава ВМФ [1].

Судовые тренажеры для морского тральщика с использованием аппаратуры штатных пультов корабля. В реальном боевом комплексе ТНПА было предусмотрено два режима: “Боевая работа” и “Тренажер”. При этом в режиме “Тренажер” питание на механизмы СПУ и на ТНПА не подавалось.

Моделирующая программа в режиме “Тренажер” функционировала на штатных вычислительных ресурсах корабля из числа шести ЭВМ. К ВС предъявлялись высокие требования по производительности штатных ЭВМ, особенно для расчета визуальной обстановки подводного мира. Был задействован специализированный графический акселератор, обеспечивающий высококачественное телевизионное изображение. Значительные вычислительные ресурсы потребовались и для решения уравнений физики движения (с учетом коллизий).

Математические модели судового тренажера. Математическая модель подводного аппарата включала в себя модель движения ТНПА, механических заборных устройств с устройствами управления движения, модель корабельных спускоподъемных механизмов, модели факторов окружающей среды и физического взаимодействия подводного аппарата с судном-носителем и окружающей средой. Модель системы управления движением и наведения на цель обеспечивалась штатными средствами управления реальной системы управления ТНПА.

Система имитации визуальной обстановки тренажера формировала изображения от нескольких виртуальных телекамер. На штатных мониторах пультов получалось одно или несколько телевизионных изображений района плавания с учетом эффектов освещенности и изменения дальности видимости, а также гидроакустическое изображение эхолотатора секторного обзора.

В режиме “Тренажер” из штатного боевого комплекса корабля задействованы:

- пульт поста управления движением подводного аппарата;
- пульт поста гидроакустики подводного комплекса;
- мониторы пультов управления;
- вычислительные стойки из состава боевых средств управления.

Программная часть тренажерного комплекса была построена по модульному принципу. Каждый модуль исполнялся в вычислительной системе автономно и взаимодействовал с остальными модулями через сервер, который синхронизировал работу модулей и осуществлял

связь между модулями посредством рассылки сообщений о событиях, данных и командах. Это было достигнуто благодаря применению многозадачной сетевой операционной системой Linux с квантованием по времени. Модульный принцип построения и унификация системотехнических решений позволили создать базовую структуру тренажеров с возможностью перенастройки различных конфигураций и режимов обучения. При проектировании для достижения этих целей были решены следующие задачи:

- систематизированы функции разрабатываемого тренажера;
- определены критерии эффективности ПАК мобильного тренажера;
- разработаны имитационные модели организации ВС средств тренажера с распределенной вычислительной архитектурой;
- исследованы временные характеристики информационных потоков на системной шине вычислителей;
- разработан инструментальный комплекс вспомогательных программ проектирования для разработки геометрических моделей и среда для автоматического выполнения скриптов загрузки.

В разработке архитектура содержала следующие вычислительные модули:

- сервер тренажера;
- модуль динамики, включающий в себя полную динамическую модель подводного аппарата с кабелем;
- модуль динамики манипуляторов;
- модуль коллизий для геометрических объектов;
- модуль гидроакустики;
- модуль геоинформационной модели дна;
- модуль физики водной среды;
- модуль системы телевидения и визуализации обстановки;
- имитаторы работы пультов;
- модуль системы управления тренажера;
- обучающий модуль и модуль-инструктор;
- система диагностики ТК.

Представленный комплексный мобильный тренажер для обучения операторов ТНПА в составе боевого корабля был построен в 2010 г. (рис. 1, 2). В тренажере максимально задействованы вычислительные средства и пультовая аппаратура корабля, поэтому они имеют высокую надежность в широких температурных режимах эксплуатации. Причиной такого использования является необходимость обеспечения одинаково надежной работы вычислительных модулей и аппаратной части как в режиме “Боевая работа”, так и в режиме “Тренажер”. Что касается модернизации такого мобильного ТК с изменением любого



Рис. 1. Береговой ТК для подготовки операторов подводных аппаратов



Рис. 2. Функционирующий ТК, реализованный на штатных средствах управления

функционала и расширением аппаратной части ВС, то это ведет к разработке полного комплекта документации, к серьезной переработке программного обеспечения и требует согласования с заказчиком.

Тренажер комплектовался и поставлялся НИИ СМ МГТУ им. Н.Э. Баумана по собственной конструкторской документации. Для управления ТК использовались штатные пульты, приборы управления со встроенными средствами вычислительной техники и аппаратура программно-аппаратного комплекса сопряжения, удовлетворяющие требованиям ГОСТ МО. Судовой ТК в настоящее время используется на этапах боевой подготовки экипажей на стоянке и даже во время плавания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Э н ц и к л о п е д и я “Оружие и технологии России. XXI век”. Т. 18. “Тренажеры и технические средства обучения”. – 624 с.
2. Л е в ш и н С. А. Математическое и программное обеспечение для разработки специализированных вычислительных систем мобильных тренажеров. Автореф. дисс., Южно-Российский ГТУ, Новочеркасск, 2009.

Статья поступила в редакцию 23.03.2012