

УДК 551.46.07

## ИМИТАЦИОННЫЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ОПЕРАТОРОВ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ

**Б.И. ШАХТАРИН., В.В. ВЕЛЬТИЩЕВ**

В статье рассматриваются вопросы организации имитационных моделирующих комплексов для подготовки операторов телеуправляемых подводных аппаратов. Сообщается о практических разработках морских тренажеров в МГТУ им. Н.Э. Баумана.

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

Эксплуатация современных подводных телеуправляемых комплексов, отработка систем управления, исследование режимов работы всегда связаны с большими техническими и программными проблемами. Для повышения эффективности исследований разрабатываются моделирующие комплексы для проведения модельных испытаний, обеспечивающих выбор решений, оптимизацию параметров и отработку заданных режимов управления движением. Такие программно-аппаратные исследовательские комплексы относятся к классу систем имитационного моделирования, которые строятся по структуре технического устройства и воспроизводят работу всей системы в реальном времени. На этапе разработки такие имитационные системы позволяют частично отказаться от морских испытаний, снизить риски и экономические затраты.

Кроме этого, такие имитационные комплексы широко применяются для подготовки операторов, когда необходимо обеспечить тренировки с отработкой навыков управления в сложных аварийных ситуациях. Возможность проведения таких тренировок на подводных аппаратах (ПА) всегда ограничена и связана со значительными финансовыми затратами. Учебные тренажеры достаточно широко используются для высокоэффективной подготовки операторов в широком диапазоне условий эксплуатации подводных аппаратов. Имитационный комплекс для тренировки экипажа оснащается методическими средствами для обучения, экспертной оценки качества обучения операторов, введения аварийных ситуаций.

Тренажерные комплексы (ТК) классифицируются: 1) по типу подводного аппарата (тренажеры обитаемых ПА; тренажеры автономных ПА; тренажеры буксируемых и привязных ПА); 2) по месту размещения (тренажеры ПА в помещениях учебного центра; тренажеры ПА в составе комплексного судового тренажера: корабельные тренажеры); 3) по составу реальных аппаратных средств и пультов (ТК с полунатурным оборудованием технических средств, манипуляторов и бассейном для ПА; ТК с штатными пультами и имитации забортных технических систем; ТК на основе имитации всех систем подводного комплекса).

В МГТУ им. Н.Э. Баумана на протяжении ряда лет ведутся разработки тренажеров для обучения операторов телеуправляемых ПА. Типовой тренажер представляет собой многомашинный вычислительный комплекс, оснащенный штатными средствами управления аппаратом и визуальными средствами наблюдения за подводными операциями.

Средства подготовки и планирования процесса обучения ТК обеспечивают широкие возможности обучения новых экипажей, а также ведение профилактической подготовки действующих операторов. Разработанные средства позволяют достаточно быстро перестраивать комплекс на другой тип аппарата или район выполняемой миссии.

В настоящее время разработаны и изготовлены два тренажера для подготовки операторов в условиях берегового учебного центра и один корабельный тренажер.

**Тренажер учебного центра.** Береговые тренажеры оборудованы штатными пультами управления и мониторами наблюдения инструктора обучения. На вычислительном комплексе имитируется работа судовых и забортных спускоподъемных систем, системы управления,

энергетического оборудования, навигационной системы, гидроакустического оборудования, телевидения. Имитируется физическая модель движения ПА в водной среде с учетом гидродинамики аппарата, влияния кабеля, учитываются коллизии с морским дном, работа манипуляционного комплекса.

Конструктивно тренажерный комплекс состоит из следующих составных частей: рабочего места обучаемого оператора ТПА, рабочего места обучаемого оператора манипуляционного устройства, места инструктора и вычислительного комплекса (рис. 1). Для решения задач задействованы типовые вычислительные средства и используются штатные пульта управления.

Возможности тренажерного комплекса: проведение обучения экипажей подводных аппаратов без использования подводной техники; имитация работы систем энергетики, гидравлики, управления движением, манипуляционного комплекса, гидроакустики, навигационных систем подводного комплекса; синтез телевизионного изображения виртуального подводного мира; моделирование гидроакустической обстановки и выполнение гидроакустического поиска объектов; генерация акватории мирового океана на основе цифровых карт дна; имитация работы штатного пульта управления; имитация аварий и отказов систем подводного аппарата.

Обучаемый оператор на своем рабочем месте управляет ПА по телеметрической информации, отображаемой на экране штатного пульта, и по телевизионной информации на мониторах. На рабочем месте инструктора идет отображение процесса обучения в объеме, необходимом для проведения учебного процесса. Здесь формируются задания, контроль и регистрация упражнения. Инструктор может вводить режимы аварий, неисправностей и других критических ситуаций, изменять параметры внешних условий. Имитируется более 800 аварийных ситуаций комплекса.

Вычислительный комплекс (ВК) обеспечивает моделирование динамики ТПА с заданной точностью стабилизации по курсу, по глубине, по боковому отклонению ТПА относительно корабля с учетом гидродинамики кабеля и кинематики несущего корабля. Выполняется информационный обмен по каналам связи с капитанским мостиком.

**Корабельный тренажерный комплекс.** Завершены разработка и изготовление корабельного тренажерного комплекса, который использует судовые вычислительные средства и пульта судна, на котором установлен поисковый подводный аппарат. Подготовка экипажа проводится без спуска подводного аппарата. Оператор работает на штатных пультах управления ПА и с использованием имитаторов гидроакустических навигационных средств корабля, что позволяет существенно сэкономить ресурс подводного аппарата, спускоподъемного устройства и других механических средств комплекса. Корабельный тренажерный комплекс реализуется на вычислительных ресурсах корабля (рис. 2).

В режиме тренажера из боевого комплекса корабля задействованы: пульт поста управления движением подводного аппарата; пульт поста гидроакустического комплекса; мониторы пультов управления; вычислительные стойки из состава боевых средств управления.

**Методика подготовки оператора подводного аппарата.** При формировании задания учитывается уровень подготовки. Оператору начального уровня предлагается список стандартных задач по выбору по основным направлениям: изучение состава ТПА; изучение средств управления и пультового оборудования; поэтапное освоение операций по управлению ТПА; контрольные мероприятия по оценке усвоенного материала.

Обучающие материалы подготавливаются в электронной форме в виде обучающих слайдов, анимационных фильмов. Контроль выполненных действий оператора производится в строгой последовательности согласно инструкции по эксплуатации. Оценка качества проводится с учетом заданных критериев ошибочности действий для различных ситуаций.

Каждый оператор, обучающийся на тренажере, регистрируется в информационной системе. Все ошибки, совершенные обучаемым в процессе выполнения задачи, регистрируются в журнале. Эти ошибки потом используются при выводе общей оценки подготовки обучаемого.



**Рис. 1.** Тренажер подводного комплекса в учебном центре



**Рис. 2.** Корабельный тренажер подводного комплекса

Кроме стандартных задач, имеется возможность создавать собственные сценарии обучения и задавать для них критерии оценки из существующих: по времени выполнения; по правильной последовательности действий; по рациональности действий; по минимуму допущенных аварийных ситуаций.

Контроль процесса обучения производится с помощью программного модуля, который осуществляет выбор акватории из имеющихся в списке цифровых топографических карт морских побережий, позволяет задавать координаты места проведения учений на карте, параметры метеоусловий, маршрут плавания. Система обеспечивает возможность гибкого формирования подводной сцены, размещения затонувших объектов в виде затонувших типовых объектов, для которых выполняются поисковые операции, прокладка кабелей и трубопроводов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Оружие и технологии России. XXI век: энциклопедия. Т. 18. Тренажеры и технические средства обучения. – М., 2009.

#### SIMULATORS FOR TRAINING OF ROV OPERATOR

Shakhtarin B.I., Weltishev V.V.

In the article issues of the organization of imitating modeling complexes for training operators of Remotely Operated Underwater Vehicle are considered. It is reported about practical development of sea exercise simulation in Bauman MSTU.

**Keywords:** simulation, operator ROV, remotely operated underwater vehicle, operator training simulator.

#### Сведения об авторах

**Шахтарин Борис Ильич**, 1933 г.р., окончил ЛКВВИА (1958), ЛГУ (1968), профессор, доктор технических наук, заслуженный деятель науки и техники РФ, лауреат Государственной премии, академик РАЕН, профессор кафедры автономных информационных и управляющих систем МГТУ им. Н.Э. Баумана, автор более 250 научных работ, область научных интересов - радиотехника, статистический анализ, фазовая синхронизация, формирование и обнаружение сигналов.

**Вельтищев Виталий Викторович**, 1943 г.р., окончил МВТУ им. Н.Э. Баумана (1967), кандидат технических наук, доцент МГТУ им. Н.Э. Баумана, автор более 80 научных работ, область научных интересов - информационные технологии, робототехника, CALS-технологии, имитационное моделирование.