

- wavelet basis. In the IOP conference series: Materials Science and Engineering. Volume 873, No. 1, page 012035). IOP Publishing.
- 12 Zhumaev, Z. (2023). Relative Motion Regularity and Radar Data Processing. In: Dantsevich, I., Samoilenko, I. (eds) Applications in Electronics and Computing Systems. AECS 2022. Lecture Notes in Electrical Engineering, vol 971. Springer, Cham.
- 13 Zhumaev, Zh., Borash, B., Zhumaev, K., Borash, A., & Smagulova, E. (2021, October). Dependence of the elements of relative movement on the true parameters of the movement of ships. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 872, No. 1, p. 012013). IOP Publishing.
- 14 Zhumaev Zh., Zhumaev K., Rakhidullin A., Tenelgenov B., Zhardem T. Study of changes in elements of relative movement from changes in elements of true movement. *Operation of sea transport*, (1) 102, 54-58.
- 15 Tyufanova, A. A. Methods of compensation and neutralization of structural interference in shiprockband radio navigation systems//*Operation of sea transport*. – 2020. – №. 4. - S. 132-140.
- 16 Buzenkov I.I., Tyufanova A.A. Analysis of electromagnetic compatibility of radio broadcasting equipment of the center of the ship traffic control system on the example of the port of Novorossiysk//*Operation of sea transport*. – 2021. – №. 2. - С. 120-136.

УДК 656.61

DOI: 10.34046/aumsuomt105/43

ОСОБЕННОСТИ ТРЕНАЖЕРНОЙ ПОДГОТОВКИ СУДОВОДИТЕЛЕЙ МАНС

А.Л. Боран-Кешишьян, кандидат технических наук, доцент

В.В. Якунчиков, кандидат технических наук, доцент,

Развитие информационных технологий сформировало глобальную тенденцию на автономизацию производственных и транспортных процессов в различных отраслях промышленности, сферах услуг и логистических системах. В этом направлении значительные успехи достигнуты в сфере морского транспорта где полным ходом идет проработка всех компонентов организации автономной навигации – прорабатываются и принимаются необходимые документы, проектируются требуемые системы, проводятся соответствующие исследования. В условиях перехода флота на МАНС тренажеры станут основным местом тренинга операторов МАНС.

В настоящей статье на основе анализа отечественного и зарубежного опыта рассматриваются особенности тренажерной подготовки судоводителей МАНС.

Ключевые слова: автономная навигация, безопасность мореплавания, оператор, особенности, судоводители, тренажер, тренажерная подготовка.

FEATURES OF SIMULATOR TRAINING OF MANS BOATMASTERS

A.L. Boran-Keshishyan, V.V. Yakunchikov

The development of information technologies has formed a global trend towards the autonomization of production and transport processes in various industries, services and logistics systems. In this direction, significant progress has been achieved in the field of maritime transport, where all components of the organization of autonomous navigation are being worked out at full speed – the necessary documents are being worked out and accepted, the required systems are being designed, and relevant studies are being conducted. In the conditions of the fleet's transition to MANS, simulators will become the main training place for MANS operators.

Keywords: autonomous navigation, navigation safety, operator, features, boatmasters, simulator, simulator training.

Введение. Автономная навигация подразумевает исключение человеческого фактора из процессов навигации судна и организации постоянного дистанционного мониторинга. Именно проблематика снижения негативного влияния человеческого фактора на безопасность мореплавания и дало мощный импульс к переходу флота на МАНС (морские автономные и дистанционно управляемые надводные суда).

В зависимости от степени автоматизации автономное судно является: — полуавтономным судном, если степень автоматизации судна позво-

ляет не осуществлять постоянный контроль за судовыми машинами, механизмами и приборами (нести ходовую вахту), а также не осуществлять постоянное управление движением судна силами экипажа судна, который ведет общее наблюдение за судном и, в случае необходимости, осуществляет управление судном, его машинами и механизмами, или не осуществлять управление движением судна силами экипажа, который, в случае необходимости, принимает меры по восстановлению нормальной работы судовых машин, механизмов и приборов; — полностью автономным

судном, если степень автоматизации судна позволяет судну осуществлять плавание без экипажа на борту при наблюдении за судном и управлении его движением персоналом, находящимся вне судна, или без постоянного мониторинга и управления персоналом, находящимся вне судна.

Ответственность за управление автономным судном возлагается на экипаж судна (при его наличии) в соответствии с распределением функций между членами экипажа автономного судна. В целом же ответственность за безопасное управление автономным судном может быть возложена на судовладельца, у которого должны быть специалисты, компетентные в области управления автономными судами. Такие специалисты находятся вне управляемого ими автономного судна (на берегу, или на другом судне), но должны иметь все необходимые инструменты технического и организационного характера для управления судном. На судовладельца также возложена обязанность по назначению лица, ответственного за управление автономным судном в отношении каждого автономного судна (береговой капитан). Это ответственное лицо может одновременно обеспечивать управление несколькими судами. Поскольку управление автономными судами весьма специфическая задача, требующая концентрации особых компетенций, предлагается дать право судовладельцу заключать договор управления автономным судном со специализированной организацией, компетентной в управле-

нии автономными судами. При этом ответственность за безопасную эксплуатацию автономного судна все равно лежит на судовладельце.

Решение этих задач требуют тщательной подготовки, надлежащей организации и проведения качественной тренажерной подготовки.

Нагрузка на оператора при удаленном управлении МАНС. Тренажерное управление и удаленное управление МАНС весьма близки.

Метод исследования, проведенного в 2022 году, базировался на опросе судоводителей, проходящих тренажерную подготовку, по данным целого ряда источников (свыше 30) [1].

В основном упор исследования делался на анализе умственной нагрузки (УНО) оператора МАНС, при этом отмечено следующее.

Имеет место ряд когнитивных конфликтов. Во-первых, это противоречивое чувство между безопасностью и эффективностью навигации. Экипажи управляют судами, используя личные способности, в том числе «пространственную осведомленность». Тем не менее, удаленные операторы (RO) управляют судном в ограниченных условиях, включая ограниченную информацию. В этой ситуации они чаще проявляют желание отклониться от запланированного маршрута для обеспечения безопасности. Тем не менее, они также сталкиваются с необходимостью поддерживать «рентабельный» маршрут, чтобы судно прибыло в следующий пункт назначения вовремя. Эта ситуация может вызвать некоторое психическое расстройство.



Рисунок 1 – Тренажер мостика K-SIMNAVIGATION фирмы Kongsberg

Фото <https://kongsbergdigital.com/products/k-sim/k-sim-navigation/>

Перегруженные ситуации и наличие других появляющихся кораблей также заставляют их

отклоняться от маршрутов для обеспечения безопасности. Эти условия повышают умственную нагрузку и риск фрустрации.

Во-вторых, физические ограничения приводят к увеличению фрустрации. Когда RO может управлять судном в физически другом и ограниченном месте, таком как удаленный центр управления (RCC), эти ситуации влияют на уверенность в себе, что приводит к беспокойству по поводу производительности.

В-третьих, коммуникация человек-человек и человек-машина. Поддержка RO в RCC наблюдателями на мостике корабля уменьшила УНО по сравнению с другими вариантами, предоставленными RO в RCC. Опрошенные заявили, что общаются со наблюдателями на борту, предполагая, что они собирают необходимую информацию. Другими словами, они используют смотровые площадки как часть своих «глаз». Они указали, что общение человека с человеком психологически более комфортно, чем использование автономной системы поддержки и навигации в этой ситуации.

Теория связи между людьми и ИИ, которая используется в автономной системе, отличается от традиционной коммуникации между людьми. Наоборот, поддержка со стороны наблюдателя на RCC RO на мосту не работает для снижения УНО RO. Опрошенные скептически отнеслись к информации, которую судоводитель получал из-за ограниченной видимости экрана в RCC. Конфликт информации между наблюдателем и автономной системой также вызывал озабоченность у

интервьюируемого. Ошибка поддержки наблюдателей на основе неверной информации автономной системы является высоким риском для RO.

Обеспокоенность надежностью автономной системы. Навигационное обеспечение и автономные навигационные системы в некоторой степени снижают высокий УНО, если RO дистанционно управляют судами в RCC. Добавление способов поддержки RO помогает им принимать решения в условиях ограниченной информации, что соответствует снижению умственных требований. Тем не менее, эти системы автономности далеко не полностью разрешают сложную ситуацию даже в сравнительно ясную погоду. Инновационные технологии должны «преодолеть восприятие риска и неопределенности» пользователями для повышения их надежности. Опрошенные подчеркнули, что они не могут полностью полагаться на системы, даже если те будут очень надежными и автономными. Опрошенный привел пример того, что автономная навигация может ввести неправильное направление из-за неверно измеренной информации от неисправного гирокомпыаса. Другой опрошенный указал, что уровень стресса будет оставаться высоким, если RO не смогут полностью подтвердить, что система принимает правильные решения на основе соответствующей информации.



Рисунок 2 – Тренажер собственной разработки Харбинского университета (Китай) [9]

Маневрирование. Систематическое и безличное движение системы усиливает стресс. Например, люди-RO иногда избыточно поворачивают при маневрах, чтобы другие суда явно знали об этом маневре. С другой стороны, автономная навигационная система имеет тенденцию действовать в «механическом стиле». Когда люди-RO встречаются с судами-автоматами, то должны учитывать эти особенности. Можно отметить, что

этот тип напряжения возникнет и на мостике обычного корабля.

Ограничение видимости. Ограничения видимости из-за плохой погоды, такой как сильный дождь и туман, делают УНО намного выше, чем при хороших погодных условиях, особенно в районах с интенсивным скоплением людей. Видимость является основным инструментом распознавания ситуации за пределами мостика. Многие

опрошенные признались, что ограниченная видимость в пределах одной мили со многими пересекающими границу судами кажется настолько серьезной, что во многих случаях влияет на безопасное плавание, даже когда на борту находятся РО и наблюдатели. В этих ситуациях неизбежно оперативное принятие решений в очень короткие сроки; таким образом, нехватка времени РО значительно возрастает в дополнение к умственным требованиям. Все опрошенные заявили, что не представляют дистанционную навигацию без поддержки экипажа на борту с сохранением безопасности и стабильного психического состоя-

ния, даже при наличии высоконадежных автономных навигационных систем. Собеседник предположил, что не может судить о достоверности информации от автономных систем в условиях ограниченного потока данных, поскольку ситуация вне корабля быстро меняется. Другой собеседник отметил, что он хотел бы отключить автономную навигационную систему в этих ситуациях, если он был на борту. Самый надежный инструмент — его «глаз», и неожиданное вмешательство автономных систем вызовет замешательство. По его словам, это ощущение не меняется, поскольку окончательную ответственность за судоходство несет РО.



Рисунок 3 – Тренажер Уханьского университета (Китай) [10]

Прерывание зрительной информации, получаемой РО при дистанционной навигации, значительно увеличивает стресс. Эта тенденция особенно проявляется в перегруженном районе. РО должны уметь управлять судном по информации только навигационного оборудования в условиях возможных задержек видео, при которых обстановка вокруг корабля может сильно измениться. Например, РО не могут подтвердить движение малых рыболовных судов, не имеющих АИС на экране во время таких задержек трансляции, хотя задержка принятия решения на несколько секунд может привести напрямую к аварии. По словам опрошенных, автономные системы не будут чередоваться с информацией о видимости, даже если

они очень надежны. В тематическом исследовании использовались визуальные данные, которые предоставляли статические изображения каждые 10 с. Все опрошенные были удивлены продолжительностью времени и подчеркнули чувство раздражения и нехватки времени из-за отсутствия визуальной информации в ожидании следующего визуального образа. Один уникальный комментарий заключался в том, что 10-секундное прерывание в условиях отсутствия перегрузок (например, в океане) и ясной погоды не приведет к значительному увеличению УНО, поскольку РО могут легко предсказывать будущие ситуации [1].



Рисунок 4 – Пост дистанционного управления МАНС, спроектирован в течение 13-го 5-летнего плана (2016 - 2020) (Китай) [10]

По результатам исследования видно, что опрошенные судоводители предсказуемо скептически оценивают современные возможности удаленного управления МАНС, справедливо отмечая необходимость наличия высоконадежного оборудова-

ния и широких каналов связи для обеспечения осведомленности судоводителя, не отличающейся от реальных условий.

Тренажерная подготовка операторов МАНС. На сегодня тренажерная подготовка по-прежнему остается важным способом получения компетенций судоводителя.



Рисунок 5 – Онлайнтренажер Offshore Simulator Centre (OSC) (Норвегия) [7]

В условиях перехода флота на МАНС тренажеры станут основным местом тренинга операторов МАНС.

В последнее время мостики современных судов начали массово оборудоваться системами поддержки принятия решений. Так, для судоводителей в видеоряд включена информация от систем

распознавания, локаторов, САРП. На главный дисплей мостика накладывается курс и скорость встречных судов, плавучих объектов, навигационных знаков и другой необходимой информации для безопасного судовождения.



Рисунок 6 – Тренажер Offshore Simulator Centre (OSC) (Норвегия) [7]

В частности, современный Норвежский онлайн- и офлайн-тренажер OSC поддерживает одновременный вывод информации на систему визуализации и планшет инструктора, управление палубным и вспомогательным оборудованием, вплоть до бортовых дронов.

Современные зарубежные тренажеры поддерживают вывод дополнительной инфографики на свои дисплеи, например, линии рекомендованного курса расхождения с судами, рекомендованный курс и скорость, существующие ограничения в районе плавания.



Тренажер Offshore Simulator Centre (OSC) (Норвегия) [7]



Рисунок 7 – Тренажер Nautical Simulation (США)

Фото <https://www.nauticalsimulation.com/portfolio-item/simulators/>

В последнее время появляются тренажеры виртуальной реальности с технологией VR, в частности, такой тренажер был протестирован в 2020 году в Гетеборге, Швеция, в Технологическом университете Чалмерса [8].

Сценарии виртуальной реальности были разработаны лабораторией OceanIndustries на основе данных морского бюро FMBS.

Участники могли перемещаться по VR-сцене и управлять приложениями с помощью VR-контроллеров. Каждый сценарий сопровождался описанием доступных функций в центральных сегментах сценария. Для запуска сценариев требовалось следующее специфичное оборудование:

портативная видеокамера Sony, AppleiPad, гарнитура виртуальной реальности HTC ViveCosmos со следующими характеристиками: двойной экран диагональю 3,4 дюйма, разрешение 1440×1700 пикселей на каждый глаз (в сумме 2880×1700 пикселей), частота обновления 90 Гц, максимальное поле зрения 110 градусов.

VR компоненты сегодня все чаще входят в состав тренажеров, в частности, на новом тренажере Ситроникс также имеется такая опция.

Указанная технология, при известных ограничениях, позволяет масштабировать тренажерную подготовку на большее количество слушателей при минимизации затрат.



Рисунок 8 – Пользователь виртуальной реальности (VR) тестирует установку [8]



Рисунок 8 – VR оборудование на тренажере Ситроникс. Фото РУТ

Российские навигационные тренажеры. Для обучения судовождению в российских учебных заведениях водной отрасли существуют це-

лые линейки навигационных тренажеров, например, компаний Транзас (СПб) (ныне ЭМЦТ), НТУТЦ (Калининград), Сторм (Москва).

Рассмотрим особенности функциональных возможностей тренажеров подробнее.



Рисунок 9 – Тренажер TRANSAS Navi Trainer Professional 5000 [NTPRO 5000]

Например, тренажер ТранзасNTPRO 5000 – offshore, установленный в ГУМРФ им. адмирала С.О. Макарова (2019), обеспечивает реалистичную имитацию работы судовой системы динамического позиционирования для проведения базового и тренажерного курсов подготовки операторов ДП в соответствии с требованиями ИМСА М117 к компетенции персонала (Section 6) и соответствует актуальным требованиям TheNauticalInstitute (NI) к тренажеру класса В [3].

Программное обеспечение тренажера обеспечивает обработку (добавление, задание навигационных данных движения) не менее 10 собственных моделей активных судов (активных — управляемых с рабочего места обучаемого) и не менее 10 судов-целей (пассивных — управляемых с рабочего места инструктора). Математические модели активных судов отвечают реальным характеристикам судов-прототипов, включая инерционно-тормозные характеристики и маневренные качества с учетом воздействия на судно ветра, волн, мелководья, других сил и факторов.



Рисунок 10 – Тренажер Транзас в УТЦ МГУ им. Невельского (2017). Фото VL.RU

Если рассматривать уровень автоматизации 2 и 3 (удаленное управление судном с берега), то существующие тренажеры по большей части вполне соответствуют своим функционалом требованиям к подготовке операторов (судоводителей) для удаленного управления судами.

В самом деле: имитация мостика судна уже имеется и установлена на берегу, как, например, в центре удаленного управления флотом.



Рисунок 11 – Занятие на тренажере мостика ТРАНЗАС в ГМУ им. адм. Ф.Ф. Ушакова. Фото РУТ

В реальном мире оборудование легко масштабируется, и не потребует больших затрат, за счет массовости - поначалу десятки, а в последствии и сотни мостиковых залов (мест) будут у каждого судовладельца.

Существует только одно отличие - на учебный тренажер выводится не картинка с камер на

судне, а смоделированная 3D сцена, которая сегодня по качеству приближается к реальной.

Сегодня в России внедрить в состав ПО тренажера элементы автономного судовождения на полном основании может только та компания, которая ведет разработку этих технологий, поэтому в национальном сегменте безусловным лидером является компания Ситроникс КТ.



Рисунок 12 – Тренажер Транзас обучения буксирным операциям в УПЦ МГУ им. Невельского. Фото VL.RU [4]



Рисунок 13 – Навигационный тренажер Ситроникс «Мостик-2000» [5]



Рисунок 14 – Навигационный тренажер ПМБС. Фото Ситроникс



Рисунок 15 – Возможности тренажера Ситроникс в режиме инфографики демонстрирует разработчик к.т.н. Д.В. Козунин. Фото РУТ

В основе представленного Ситроникс тренажера — платформа моделирования безэкипажного судовождения (ПМБС). Это собственная разработка компании Sitronics КТ для создания автономных судов и виртуальных испытаний. Она позволяет проводить безопасное тестирование морских автономных судов (МАНС), моделировать и прогнозировать ситуации.

Платформа может быть использована также в качестве образовательной среды. Разработка уже позволяет моделировать поведение судов и проводить обучение сотрудников с помощью демонстрационных тренажеров [2].

Тренажер представляет из себя блок управления судном, так называемый мостик. Мостиковая система содержит приборы, индикацию, органы управления. У каждого проекта корабля или судна имеется свой типовой мостик. Состав мостиковой системы набирается из секций в зависимости от назначения судна. Sitronics КТ может создать копию любого мостика, либо разработать универсальное решение, которое отобразит базовые элементы. Главное в тренажере — органы управления и система визуализации. Остальные составляющие можно имитировать на сенсорных мониторах.

Техническое задание на любой современный тренажер для подготовки членов экипажей морских судов, включая тренажер МАНС, создается исходя из требований Конвенции ПДМНВ, требований Росморречфлота и Морсвязьспутника, рассмотрим их на примере ТЗ к тренажеру ПМБС.

Состав тренажера МАНС. В состав входят следующие основные компоненты, объединенные в локальную вычислительную сеть:

- рабочее место инструктора (РМИ);
- рабочие места обучаемых (РМО) – основное РМО и малое РМО (рабочими местами должны являться имитаторы ходовых мостиков собственных судов, включая МАНС, оснащенной соответствующей системой визуализации навигационной обстановки);
- БД районов плавания и моделей судов;
- интеллектуальная навигационная система;
- система технического зрения для распознавания обстановки;
- датчики (и имитаторы) системы объективного контроля судна;
- комплекс СПО (на базе технологии ПМБС);
- аппаратные средства учебного класса.

В состав оборудования имитаторов ходовых мостиков собственных судов должны входить имитаторы судовых устройств, приборов и индикации.

Рабочее место инструктора. РМИ предназначено для управления и конфигурирования аппаратного обеспечения Опытного образца, установки программного обеспечения, диагностики неисправностей, а также формирования сценариев упражнений, запуска упражнений, управления ходом выполнения упражнений, формирования отчетов и просмотра результатов выполнения упражнений.

Рабочее место инструктора обеспечивает:

- видеонаблюдение за всеми РМО;
- включение, выключение, как тренажера в целом, так и его отдельных частей;
- формирование сценария упражнения с учетом выбранных района и модели собственного судна, заданных крена и дифферента (для судна в аварийном состоянии), расстановки судов-целей, их траекторий и скоростей движения, данных

АИС судов-целей, гидрометеорологических условий (ветер, течение, состояние видимости) и т.д.;

- генерацию и распечатку таблиц маневренных элементов для каждой модели собственного судна и лоцманской карточки;
- управление упражнениями в части их запуска, остановки (паузы), возобновления и изменения масштаба времени;



Рисунок 16 – Навигационный тренажер ПМБС Ситроникс, установленный в РУТ. Фото РУТ

- управление ходом выполнения упражнения в части: изменения погодных условий (ветер, волнение, течение), траекторий и параметров движения судов-целей; включения-выключения звуковых сигналов судов-целей; установки на собственных судах режимов работы навигационного оборудования, его ошибок и неисправностей оборудования (РЛС, ГНСС, лаг, гирокомпас, эхолот, АИС); ввода неисправностей/погрешностей в работу оборудования ходового мостика и машинного отделения собственного судна; задания помех и ложных целей; осуществления внутренней двусторонней связи (интерком) инструктор - ходовой мостик собственного судна; имитации радиосвязи с ходовыми мостиками собственных судов от имени береговых станций, служб и судов-целей; установки времени суток выполнения упражнения; изменения состояния видимости (дождь, снег, туман), параметров движения судов-целей; включения-выключения навигационных огней и освещения судов-целей;

- подъем на них сигнальных фигур и флагов; использования судами-целями парашютных ракет, фальшфейеров и плавучих дымовых сигналов; управления траекториями и параметрами движения специальных объектов-целей (спасательные шлюпка, плот и авиационные средства, человек (группа людей) за бортом); управления траекториями и параметрами движения буксиров-целей; мониторинга использования на собственных судах ССОО для проверки, работоспособности и передачи сигнала об угрозе безопасности судну; ввода необходимых АИС данных для судов-целей, вертолетов-целей; обмена сообщениями АИС (прием и отправка) с собственными судами от имени судна-цели; мониторинга обмена сообщениями АИС; воздействия на РЛС собственных судов эхо-сигналов, помех от других радаров, отказа приемопередатчика, повышенного шума приемника, отказа/восстановления работы РЛС; установки режима работы СКДВП собственных судов;

– создание на основном РМО собственного судна нештатной ситуации в навигационной обстановке (сбои в работе систем определения и отображения места судна, возникновение систематической погрешности датчиков навигационной информации);

– контроль выполнения, разбор и анализ упражнений в части: архивирования выполнения упражнения; проигрывания упражнения в режиме реального времени и ускоренного масштаба времени; распечатки картины взаимного расположения судов в любой момент выполнения упражнения; визуального и аудио контроля действий на РМО; регистрации параметров движения собственных судов и судов-целей с целью сохранения для последующего анализа; вывода на экран консоли РМИ выбранных характеристик и параметров движения собственных судов, судов-целей, специальных объектов-целей, характеристик неподвижных объектов, параметров РЛС собственных судов; индикации и регистрация фактов отсутствия подтверждения вахтенным помощником подачи на ходовом мостике звукового сигнала тревоги первого уровня СКДВП; повторения выполненного упражнения с любого момента времени, включая синхронное воспроизведение траекторий движения судов на дисплеях РЛС/ЭКНИС на мостике/мостиках, а также синхронное воспроизведение радиопереговоров; вывода на экран консоли РМИ экранов РЛС любого из собственных судов, по запросу, а также экранов консолей РМО; вывода на экран консоли РМИ электронного судового журнала слушателя для проверки правильности ведения записей; просмотра ручной электронной корректуры, выполненной слушателем, и проверки правильности ее выполнения при помощи сетевых средств Опытного образца; просмотра плана перехода судна, маршрута, выполненного обучаемым и проверки правильности его выполнения при помощи сетевых средств Опытного образца; распечатки результатов выполнения обучаемыми задания;

– управление аппаратными средствами учебного класса.

Рабочие места обучаемых ходового мостика. Имитатор РМО ходового мостика предназначен для управления ММ собственного судна, в том числе МАНС, и имитации устройств и систем ходового мостика:

– панель мониторинга и анализа принятия решений бортовой ИНС;

– панели дистанционного управления пропульсивной установкой одновинтового и двухвинтового судна включая, как минимум, машинный телеграф, индикаторы оборотов двигателя и шага винта, панель аварийной сигнализации, органы управления и индикатором нагрузки подруливающего устройства;

– машинного телеграфа, как для одновинтового, так и для двухвинтового судна, пульта управления ВРШ;

– консоли управления рулевым устройством в автоматическом и ручном режиме, включая переключатель режимов работы, органы управления в ручном режиме, индикаторы заданного и истинного положения руля, индикатор угловой скорости поворота;

– панели управления судном или имитация панели управления на экране монитора;

– панели дистанционного управления якорным устройством, включая блок управления якорным устройством и индикацию параметров якорь-цепи;

– панели включения навигационных огней и палубного освещения;

– панели сигнальных фигур;

– панели управления автоматом звуковых сигналов с возможностью подачи звуковых сигналов в ручном режиме;

– устройства для подачи сигналов судовых тревог;

– указателей скорости хода относительно воды и грунта;

– указателя глубины под килем;

– репитера гирокомпаса;

– репитера магнитного компаса;

– индикатора судовой РЛС;

– судовой аппаратуры АИС;

– приемо-индикаторов спутниковых навигационных систем;

– ЭКНИС;

– УКВ радиоустановки;

– УКВ радиоустановки и/или комплекта радиооборудования ГМССБ, соответствующих требованиям Конвенции СОЛАС-74 для судов, совершающих рейсы в морских районах А1 и А2;

– комплект радиооборудования ГМССБ, соответствующего требованиям Конвенции СОЛАС-74 для морского района;

– средства двусторонней связи «ходовой мостик – инструктор», имитирующие средства внутрисудовой связи;

– кнопки активации сигнала и кнопки режима тестирования ССОО;

- панели управления пеленгатором с возможностью изменения горизонтального и вертикального углов зрения, увеличения изображения и снятия визуального пеленга;

- морского пеленгатора с возможностью изменения горизонтального и вертикального углов зрения, использования дальномерной сетки;

- пульта управления прожектором;

- индикатора углов крена (кренометр);

- индикаторов для отображения судового времени;

- индикаторов для отображения направления и скорости ветра;

- СКДВП.

Принципиально РМО представляет собой ПАК, аппаратная часть которого включает рабочую станцию, к которой при необходимости может подключаться монитор с целью конфигурирования и проведения системных работ, аппаратные средства отображения и управления, Ethernet-коммутатор. В состав программного обеспечения входит операционная система и СПО.

Комплект имитаторов консолей ходового мостика судна (ЭКНИС, РЛС, коннинг, специализированные клавиатуры, виртуальные приборы, навигационные панели, руль, телеграф) используется при работе с РМИ.

Внешний вид имитаторов устройств и систем ходового мостика максимально приближен к реальной судовой аппаратуре. Имитаторы расположены реалистичным образом, соответствующим их обычному расположению на ходовом мостике судна в соответствии с требованиями Правила 15 Главы V конвенции СОЛАС-74.

Рабочие места обучаемых ходового мостика оснащаются соответствующей системой визуализации навигационной обстановки, системой звукового сопровождения. В частности, для основного РМО разрабатывается панорамная система визуализации с использованием проекционной системы, обеспечивающей необходимое качество изображения и углы обзора.

Панорамная система визуализации. Панорамная система визуализации предназначена для отображения моделируемой надводной обстановки выбранного района акватории, видимой из рубки судоводителя судна, в том числе МАНС, обеспечивая вид по вертикали, позволяющий судоводителю визуально обнаруживать и контролировать объекты на поверхности моря вплоть до горизонта в пределах требуемого горизонтального поля зрения, когда у судна есть крен и дифферент, реальную видимость, как для дневных,

так и для ночных условий плавания, а также возможность наблюдения за бортом судна и причалом во время швартовных операций и оффшорных операций (работа судов для передачи грузов на платформы и пр.) в открытом море при работе в непосредственной близости друг от друга.

Панорамная система визуализации основного РМО представляет собой проекционную систему, включающую проекторы с компьютерами визуализации и цилиндрическим экраном, либо эквивалентную систему визуализации с углом обзора до 360°. Для малого РМО проекционный экран может быть заменен на видеостену, составленную из ЖК-панелей с углом обзора 180°.

Дополнительно панорамная система визуализации может использоваться для отображения иных мультимедийных материалов, используемых в процессе обучения.

Система звукового сопровождения. Система звукового сопровождения предназначена для воспроизведения звукового сопровождения, включающего следующие звуки:

- шум главного двигателя собственного судна в зависимости от его режима работы;

- звуки внешней среды (дождь, гроза, лед, штормовой ветер);

- звуковые сигналы при отдаче якорей собственного судна;

- звук при навале собственного судна на препятствие;

- звуки двигателя самолета и вертолета;

- звуковые сигналы средств навигационного ограждения (маяки, буи);

- звуковые навигационные сигналы и аварийная сигнализация, подаваемые на собственном судне;

- звуковые навигационные сигналы, подаваемые другими судами;

- шумов трения корпуса судна о лед и треска ломаемых льдин.

Система звукового сопровождения обеспечивает:

- направленность звука, дальность слышимости звуковых сигналов, подаваемых судами, согласно требованиям п. (с) Приложения III к МППСС-72;

- соответствие тона, громкости и частоты повторяемости навигационных сигналов и аварийной сигнализации реальным;

- направленность звука шумов двигателей самолетов и вертолетов и затухание интенсивности звука в зависимости от расстояния до объекта;

- тональность и громкость шумов трения корпуса судна о лед и треска ломаемых;

– льдин в зависимости от скорости движения судна во льду и расстояния до соседних судов в караване.

Система звукового сопровождения включает УМЗЧ и четыре динамических головки, обеспечивающих объемный звук.

Дополнительно система звукового сопровождения может использоваться для вывода иных звуковых материалов, используемых в процессе обучения, в том числе совместно с панорамной системой визуализации.

БД районов упражнений. БД включает районы крупных морских и речных портов России, а также крупнейших зарубежных портов, крупнейших каналов и узкостей (не менее 10 национальных).

БД моделей судов. Разработка реализуется с учетом категорий МАНС, представленных в Положениях по классификации морских автономных и дистанционно управляемых надводных судов РМРС.

Минимальный набор моделей собственных судов включает:

- суда различных типов (танкер, балкер, сухогрузное судно, ледокол, буксир и др., отличающиеся по водоизмещению и маневренным характеристикам;
- суда с движителями и главными двигателями различных типов.

Количество моделей собственных судов – от 5.

Аппаратные средства учебного класса. Аппаратные средства учебного класса работают под управлением РМИ, обеспечивают воспроизведение и разбор выполнения упражнений и представляют собой набор компонент, необходимых и достаточных для корректного выполнения следующих задач:

– воспроизведение и разбор упражнения, записанного во время его выполнения;

– постановка на паузу с обсуждением правильности тех или иных действий, совершенных при выполнении упражнения;

– вывод видеоизображения на проекционный экран (основное РМО) или видеостену, составленную из ЖК-панелей (малое РМО);

– самостоятельное изучение обучающими материала, необходимого для последующего выполнения упражнений на тренажере.

Тренажер должен обеспечивать:

– формирование упражнений с возможностью использования одинаковых или различных моделей судов на каждом мостике;

– загрузку как одного упражнения на все мостики, так и различных упражнений для каждого мостика.

Дополнительные требования к тренажеру МАНС 4 уровня. Более сложная ситуация с тренажерами 4 уровня автоматизации, когда судном управляет искусственный интеллект без вмешательства человека.

Предполагается, что судоводитель – оператор находится в береговом центре управления флотом, следит по видеокамерам и информационным дисплеям за подопечным судном (судами), готовый перехватить управление каждым судном в любой момент.

При этом судно идет самостоятельно, и на вспомогательных дисплеях должна отображаться вся соответствующая инфографика, включая актуальный курс с вариантами расхождений, скорость и курс ближайших судов, расстояние до точек поворота, объектов навигационной обстановки, штормовых фронтов.

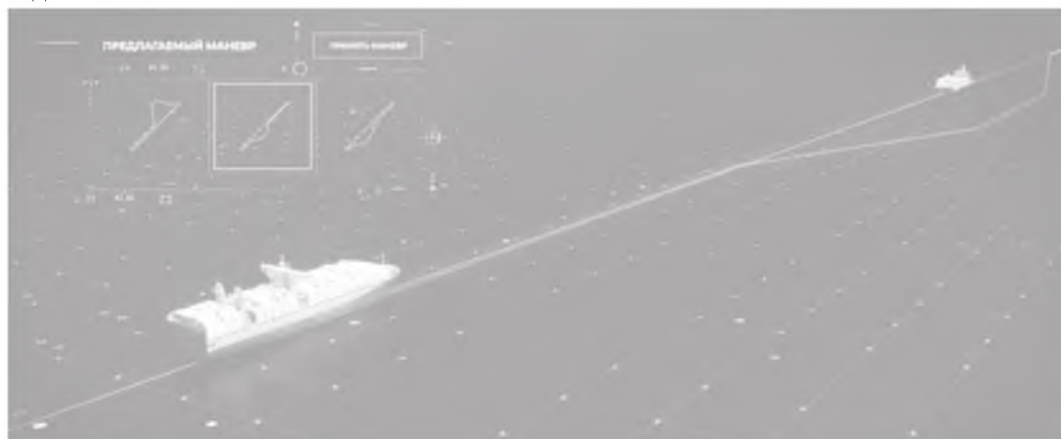


Рисунок 17 – Инфодисплей изометрический. Графика <https://sitronics-kt.ru/shipboard.html>

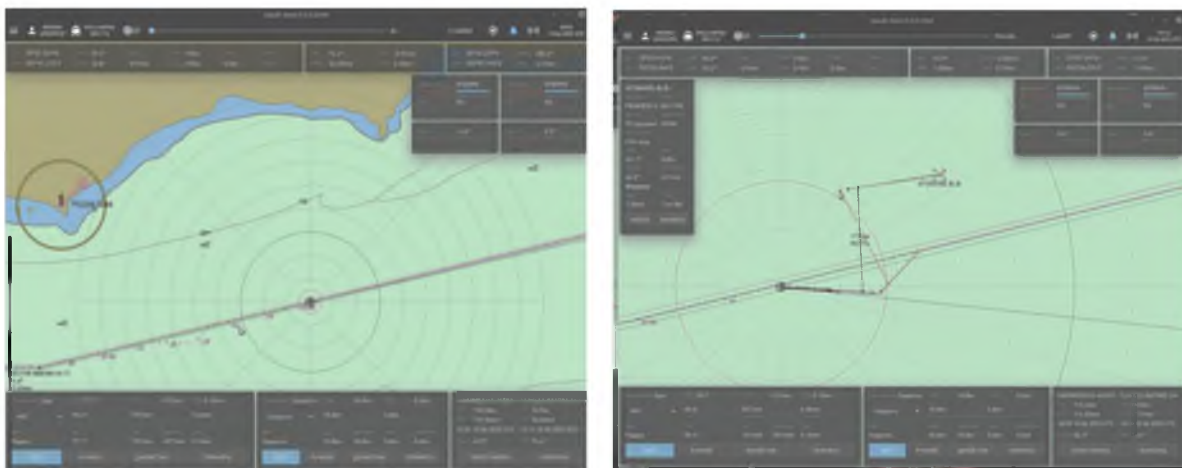


Рисунок 18 – Инфодисплей маршрута. ЭКНИС, преодоление коллизий (расхождение) Графика Ситроникс КТ

Казалось бы, добавив эту информацию мы смоделируем реальный мостик управления движением автономного судна, но вопрос - что тогда будет составлять тренинг судоводителя?

На первом этапе – то же, что было и раньше – тренировка собственно управления судном. В случае сложной ситуации, выхода из строя каких-либо систем или агрегатов, датчиков или блока принятия решений, оператор должен оперативно вмешаться в контур управления и перехватить управление судном. Для этого навык судоводителя будет нужен всегда.

В последствии, когда автономные технологии минуют «детские болезни роста» и их надежность достигнет запланированной, когда перехват управления человеком станет разрешенным только при форс-мажорных ситуациях, тогда, возможно, обеспечение трудоемкости оператора сведется к увеличению числа подконтрольных судов.

Таким образом, можно сформулировать дополнительные требования для тренажера оператора МАНС 4 уровня.

Во-первых, необходимо иметь дополнительные вспомогательные дисплеи для отображения инфографики по автономному судну.

Во-вторых, желательно предусмотреть управление одновременно несколькими судами и переключение между ними.

Выводы

По результатам обширного исследования 2022 года выявлено, что судоводители предсказуемо скептически оценивают современные возможности удаленного управления МАНС, справедливо отмечая необходимость наличия высоконадежного оборудования и широких каналов связи для обеспечения осведомленности судоводителя, не отличающейся от реальных условий.

Рассмотрение современных тренажеров отечественного и зарубежного производства позволяет сделать следующий вывод. Тренировка операторов МАНС 2 и 3 уровня автономности вполне возможна на существующих тренажерах с небольшой модернизацией - добавлением инфографики на дополнительный или основной дисплей (видеостену). Фактически, это реализация системы поддержки принятия решений судоводителем.

Что касается 4 уровня автономности, то для этого тренажера потребуется дополнительно предусмотреть автоматический режим движения судов с возможностью ручного перехвата управления и переключения между ними.

В этом режиме оператор-судоводитель будет только наблюдать, как его корабли движутся по заданным маршрутам, а упражнениями станут перехваты управления при нештатных ситуациях с ИИ автономного судна, встречах с рыбаками, маломерными плавсредствами и т.п.

Литература

1. Identification of the Relationship between Maritime Autonomous Surface Ships and the Operator's Mental Workload. Masanori Yoshida, Etsuro Shimizu, Masashi Sugomori and Ayako Umeda. Appl. Sci. 2021, 11(5), 2331; <https://doi.org/10.3390/app11052331>
2. Новости Ситроникс <https://www.sitronics.com/reports/6945>
3. https://www.korabel.ru/news/comments/noveshiy_trenazher_vveli_v_makarovke.html
4. <https://primpress.ru/article/83490>
5. <https://sitronics-kt.ru/simulators.html>
6. <https://www.offshore-technology.com/contractors/communications/offshore-simulator-centre/>
7. Remote support – distributed maritime capabilities. Hans Peter Hilde. Norwegian University Science

- and Tehnology. //RUT-Wuhan: The 5st International Conference for Innovation and Cooperation of Naval Architecture and Marine Engineering (ICNAME-2021) & The 1st International High-level Forum on Smart and Autonomous Navigation Technology of Ships 16/11/2021
8. Using Operational Scenarios in a Virtual Reality Enhanced Design Process Katie Aylward, Joakim-Dahlman, KjetilNordby and Monica Lundh / Educ. Sci. 2021, 11(8), 448; <https://doi.org/10.3390/educsci11080448>
 9. The research work on the intelligent ship. Zhu Qidan / Harbin Engineering University // RUT-Wuhan: The 5st International Conference for Innovation and Cooperation of Naval Architecture and Marine Engineering (ICNAME-2021) & The 1st International High-level Forum on Smart and Autonomous Navigation Technology of Ships 16/11/2021.
 10. Developments of Maritime Autonomous Surface Ships in China. Xiping YAN. Intelligent Transport and Safety Center (ITSC), Wuhan University of Technology, National Engineering Research Centre for Water Transport Safety (WTS) // RUT-Wuhan: The 5st International Conference for Innovation and Cooperation of Naval Architecture and Marine Engineering (ICNAME-2021) & The 1st International High-level Forum on Smart and Autonomous Navigation Technology of Ships 16/11/2021.
- References**
1. Identification of the Relationship between Maritime Autonomous Surface Ships and the Operator's Mental Workload. Masanori Yoshida, Etsuro Shimizu, Masashi Sugomori and Ayako Umeda. Appl. Sci. 2021, 11(5), 2331; <https://doi.org/10.3390/app11052331>.
 2. Sitronics News <https://www.sitronics.com/reports/6945>
 3. https://www.korabel.ru/news/comments/noveshiy_trenazher_vveli_v_makarovke.html
 4. <https://primpress.ru/article/83490>
 5. <https://sitronics-kt.ru/simulators.html>
 6. <https://www.offshore-technology.com/contractors/communications/offshore-simulator-centre/>
 7. Remote support – distributed maritime capabilities. Hans Peter Hilde. Norwegian University Science and Tehnology. //RUT-Wuhan: The 5st International Conference for Innovation and Cooperation of Naval Architecture and Marine Engineering (ICNAME-2021) & The 1st International High-level Forum on Smart and Autonomous Navigation Technology of Ships 16/11/2021.
 8. Using Operational Scenarios in a Virtual Reality Enhanced Design Process Katie Aylward, Joakim-Dahlman, KjetilNordby and Monica Lundh / Educ. Sci. 2021, 11(8), 448; <https://doi.org/10.3390/educsci11080448>
 9. The research work on the intelligent ship. Zhu Qidan / Harbin Engineering University // RUT-Wuhan: The 5st International Conference for Innovation and Cooperation of Naval Architecture and Marine Engineering (ICNAME-2021) & The 1st International High-level Forum on Smart and Autonomous Navigation Technology of Ships 16/11/2021
 10. Developments of Maritime Autonomous Surface Ships in China. Xiping YAN. Intelligent Transport and Safety Center (ITSC), Wuhan University of Technology, National Engineering Research Centre for Water Transport Safety (WTS) // RUT-Wuhan: The 5st International Conference for Innovation and Cooperation of Naval Architecture and Marine Engineering (ICNAME-2021) & The 1st International High-level Forum on Smart and Autonomous Navigation Technology of Ships 16/11/2021.

УДК 629.5.053; 656.615
DOI: 10.34046/aumsuomt105/9

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АППАРАТА ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАВИГАЦИОННОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СУДОХОДСТВА В УСЛОВИЯХ СЛОЖНОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ

Е.Л. Бородин, кандидат технических наук, доцент
А.А. Бенгерт, соискатель
И.С. Мучкаева, соискатель
А.Д. Кириленко, старший преподаватель
И.С. Храмов, кандидат технических наук, доцент
С.И. Биденко, доктор технических наук, профессор

На примере акватории Обской губы рассмотрены особенности учета факторов навигационной и экологической безопасности судоходства при плавании в районах (акваториях) с быстро меняющейся обстановкой.