

# Принципы построения когнитивных бортовых тренажеров на судах



**Д. А. Скороходов,**  
д. т. н., профессор, главный научный сотрудник  
Лаборатории проблем безопасности транспортных систем Института проблем транспорта им. Н. С. Соломенко  
Российской академии наук (ИПТ РАН)



**В. Ю. Каминский,**  
к. т. н., доцент,  
зав. Лабораторией проблем ресурсосбережения на транспорте  
ИПТ РАН

Для подготовки специалистов в области эксплуатации судовых технических средств разрабатываются и используются «когнитивные», или понятийные тренажеры, формирующие интеллектуальные, моторные и сенсорные навыки. На завершающем этапе подготовки (переподготовки) формируется надежная эргатическая система для конкретного проекта судна с интегрированной системой управления.

Современные водные транспортные средства оснащаются интегрированными системами управления [1]. Одна из таких систем, представляющая собой электронный комплекс для решения задач судовождения [2], — интегрированная система ходового мостика (ИСМ). Совместно с судоводителем она образует эргатическую (человеко-машинную) систему управления движением и обеспечения безопасности судна. С учетом разнообразных задач судовождения (навигации, предупреждения столкновений, обеспечения безопасности и др.) в состав ИСМ входят аппаратные средства, реализующие интеллектуальные функции.

## Судовые интегрированные системы управления

Интегрированная система, автоматизируя производственные процессы, реализует функции подготовки судна к выходу в море, управления движением, выработки советов экипажу (табл. 1).

Рассмотрим психологический и социальный аспекты [3] применения интегрированной системы управления (ИСУ).

Автоматизация как средство улучшения условий труда и пребывания человека на судне (социальный аспект) позволяет уменьшить долю формально-логической производственной деятельности, освободить персонал от выполнения трудоемких и сложных операций по обработке информации, улучшить микроклимат на рабочем месте и обеспечить комфортные условия труда.

Обслуживание ИТС оказывает на человека психологическое воздействие: трудовая деятельность переносится в область наблюдения, надзора, контроля. Возрастает нагрузка на органы чувств, особенно на зрительную и слуховую системы, от оператора требуется умение мыслить абстрактно. Возникает опасность психологического насыщения, что приводит к снижению работоспособности. Производственные функции реализуются в условиях строго регламентированного рабочего времени. Очевиден дефицит свободного времени.

Кроме того, изменяется структура персонала, повышается требуемый уровень профессиональной компетенции. Проблема руководства связана с привлечением квалифицированных кадров. Необходимы новые технологии обучения и тренировки экипажа.

## Система подготовки персонала

Система подготовки персонала на судах с ИСУ должна включать в себя общую подготовку на берегу и предметную подготовку на бортовых тренажерах [4]. Профессиональная деятельность персонала на современных судах включает



ФОТО: СЕРГЕЙ ПОРИН

Таблица 1. Функции судовой интегрированной системы управления

Управление движением	Подготовка к выходу в море	Выработка советов
Переход морем	Рейсовое задание	Ликвидация неисправностей
Маневрирование в ограниченной акватории	Рейсовый план	Борьба с пожарами и поступлением воды в отсеки
Проход узкостей	Навигационные пособия	Управление в различных режимах движения
Торможение	Штурманская справка на переход	Эксплуатация судна и оборудования
Швартовка в море и в порту	Предварительная прокладка	Организация погрузочно-разгрузочных работ
Постановка на якорь	Выбор пути в море	

Таблица 2. Особенности производственного процесса на судах с интегрированной системой управления

Психологический аспект	Новые требования и проблемы	Социальный аспект
Наблюдение, надзор, контроль	Изменение структуры персонала	Снижение доли формально-логической деятельности
Нагрузка на зрительную и слуховую системы	Непрерывное повышение квалификации и оперативная проверка готовности персонала	Исключение трудоемких и сложных операций обработки информации
Требования абстрактного мышления, развитой интуиции	Новые методы обучения и поддержания профессионального уровня	Комфортные условия труда
Психическое утомление Жесткий производственный регламент	Расширение перечня профессиональных компетенций руководства	

наблюдение, надзор, контроль и (ограниченно) управление. Требуется адаптация субъекта к подобным условиям. Существует тесная связь между операционной насыщенностью манипуляций оператора и сохранением внимания. Для поддержания оперативного уровня внимания целесообразно намеренно вводить дополнительные требования в должностной регламент (насыщать регламент). Поддержанию внимания способствует выработка на бортовых тренажерах наблюдательности, способности сосредоточиться и быстроты реакции.

Тренажер — это комплекс систем моделирования и симуляции, компьютерных и физических моделей, специальных методик для подготовки оператора к принятию безошибочных и быстрых решений. Использование тренажеров обеспечивает сокращение затрат на подготовку и переподготовку специалистов, уменьшает риск аварий в процессе обучения и самостоятельной работы, позволяет моделировать различные условия плавания, в частности экстремальные.

На современных бортовых тренажерах — сложных компьютерных системах [5, 6] — можно моделировать работу как

отдельных систем, устройств и установок, так и судна в целом. Разрабатываются комплексные тренажеры практически для всех судовых специалистов, которые создают единую тренировочную среду с многоканальной системой визуализации, интерактивными 3D-сценами, с отображением технических систем судна, реальной акватории и рельефа дна.

Тренажеры, как правило, имеют модульную структуру, позволяющую оперативно менять условия плавания, объект и окружающую обстановку. В некоторых системах могут быть заданы различные погодные условия, оказывающие влияние на движение судна и работу его навигационных систем. Приведем общие принципы построения тренажеров и обучающих систем:

- открытая архитектура;
- гибкость конфигурирования;
- простота функционального расширения;
- совместимость тренажеров;
- простота сопровождения и технического обслуживания.

Тренажеры позволяют сформировать навыки действий моторно-рефлекторно-го и когнитивного типа в сложных ситу-

ациях, понять сущность протекающих процессов и их взаимную зависимость. Тренировки персонала на борту должны обеспечивать поддержание и развитие профессиональных навыков по определенным направлениям:

- управление судном в различных режимах;
- организация погрузочно-разгрузочных работ;
- эксплуатация судна и оборудования;
- устранение неисправностей оборудования;
- подготовка к выходу в море;
- борьба с пожарами и затоплением отсеков.

Приобретение практических навыков по управлению судном обеспечивается многократным выполнением отдельных упражнений и последующей отработкой комплекса упражнений в рамках соответствующего сценария. Особое значение приобретают тренировки по управлению отдельными системами в нестандартных ситуациях. Обучение экипажа и его подготовка к эксплуатации судна включают два уровня (табл. 3).

Таблица 3. Двухуровневая подготовка экипажа

На берегу (знать)	На борту (уметь)
Руководящие документы	Выполнение своих обязанностей по всем судовым расписаниям
Устройство судна	Подготовка к действию, обслуживание и вывод из действия штурманского вооружения
Организацию и приемы борьбы за живучесть (БЗЖ) судна	Подготовка к действию, обслуживание и вывод из действия технических средств
Основные положения техники безопасности	Подготовка к действию, обслуживание и вывод из действия дежурных технических средств
Правила ведения эксплуатационной документации и подготовки ремонтных ведомостей	Проведение расчетов, оценка устойчивости и непотопляемости судна
Характерные аварии и поломки	Ведение документации по эксплуатации технических средств

### Программное обеспечение

Общее и специальное программное обеспечение (ПО) вычислительных средств ИСМ реализует алгоритмы обучения, тренировок и обслуживания тренажера, объединяя компоненты обучения (табл. 4).

При создании общего программного обеспечения используются возможности стандартных операционных систем (ОС). Эксплуатационные варианты ОС формируются на основе выбранной версии ОС для заданной конфигурации технических средств и обеспечивают совместно с общесистемным ПО ввод-вывод данных, управление их обработкой, распределение ресурсов при эксплуатации специального ПО.

Система управления базами данных (СУБД) включена в состав общего ПО для накопления информации о процессе обучения и о результатах функционирования эргатической системы в условиях эксплуатации. Включение такого элемента в состав ПО обеспечивает получение справочной информации.

В специальную часть ПО входят следующие комплексы программ: «Обучение», «Контроль», «Моделирование», «Архив» и «Справочник». Комплекс «Обучение» обеспечивает интерактивный диалоговый режим работы на дисплейном тренажере. Программы комплекса осуществляют прием и анализ запросов, форматирование и отображение учебной и справочной информации на дисплее.

Отметим, что задания предназначены не только для закрепления учебного материала, но и для определения глубины его усвоения. При этом появляется возможность индивидуализировать процесс обучения: в зависимости от способностей обучаемого ему предлагаются упражнения того или иного объема в определенном темпе.

Используются упражнения трех типов. Упражнения первого типа демонстрационные, они иллюстрируют работу какой-либо системы в заданном режиме. В этом случае оператор наблюдает за работой бортовой системы. Информация о демонстрируемом режиме включается в основной учебный материал.

Решение задачи, сформулированной в упражнении второго типа, представляет собой совокупность операций для достижения цели. Данное упражнение обучающее, или тренировочное. Текст упражнения включается в задание к основному учебному материалу, а комментарии — к дополнительному.

После успешного выполнения упражнений основного учебного материала приступают к упражнениям третьего типа: решению нестандартных задач в нештатных ситуациях на модели изучаемой системы. Отметим, что решение такой задачи включает не только необходимую совокупность действий оператора, но и определение причин возникновения имитируемой неисправности, а также рекомендации по устранению неисправностей, которые обучаемый должен выполнить самостоятельно.

Основная цель подобных упражнений состоит в расширении представлений обучаемого о принципах функционирования системы, о ее связях с другими системами. Выполнение упражнений формирует четкое представление о процессах развития нештатных ситуаций при неисправностях в системах судна и способствует приобретению навыков управления.

Формируя дидактический материал и содержащие его обучающие программы, необходимо руководствоваться следующими принципами:

- возможность наблюдения за управляемым процессом;

- выработка навыков реагирования на отклонение от заданного процесса;
- демонстрация результата действий по управлению;
- варьирование обучающих упражнений.

Визуализация управляемого процесса формирует осознанную связь между особенностями режимов функционирования элементов и систем и изменением выходных характеристик, в частности интегральных. Варьирование тестовых заданий повышает активность персонала. Одна из задач обучения — добиться понимания причин отклонения управляемого процесса. Демонстрация итогового результата действий оператора направлена на совершенствование управления судном.

Основное условие эффективности обучения и тренинга — построение обратной связи, которая реализуется комплексом программ «Контроль», организующим контроль знаний и действий оператора. При организации контроля знаний наибольшую трудность представляет поиск алгоритмов классификации сообщений, обеспечивающих отнесение их при правильном ответе к категории успешного решения задачи.

Реализация алгоритмов контроля знаний обеспечивается методами:

- эталонного сравнения;
- сравнения вариантов ответов с вариантами правильных ответов, хранящихся в базе данных;
- сравнения ключевых слов (семантический анализ).

В комплекс «Контроль» включены также программы контроля действий оператора в процессе выполнения упражнений. Ответ обучаемого — последовательность операций в соответствии с алгоритмами функционирования систем. Алгоритм контроля содержит три составляющие: параметрическую,

логическую и временную. Их совокупность позволяет выявлять временные и точностные отклонения в действиях оператора от так называемой «нормативной модели действий», которая формируется при разработке ПО согласно руководящим и эксплуатационным материалам.

Кроме указанных программ в ПО системы обучения и тренинга входит комплекс «Моделирование» с программой управления диалогом в процессе выполнения упражнения и программой управления процессом моделирования (диспетчер). Решение задач информационного обеспечения процессов обучения и тренинга осуществляется комплексом программ «Архив» и «Справочник». Комплекс «Архив» предназначен для накопления, хранения и выдачи сведений о результатах обучения. Комплекс «Справочник» обеспечивает пользователя справочной информацией по нестандартным ситуациям и действиям операторов в этих условиях, по составу, устройству и принципам функционирования изучаемых систем.

Групповая практическая подготовка на комплексных тренажерах направлена на отработку взаимодействия судовой команды. При этом решаются задачи подготовки групп обучаемых к обслуживанию разнородных комплексов (технических средств). Особенно это важно при отработке задач по борьбе за живучесть судна [7].

Совокупность средств комплексной подготовки экипажа к выполнению функциональных обязанностей представляет собой базовый комплекс учебно-тренировочных средств (УТС):

- средств автоматизации обучения;
- специализированных тренажеров;
- комплексных тренажеров;
- разрезных макетов;
- действующих образцов.

Компьютерные УТС могут устанавливаться на борту судна и использоваться для проведения учебных мероприятий в плавании или при нахождении судна вне пунктов базирования.

Итог подготовки (переподготовки) экипажа — достижение необходимой и достаточной надежности эргатической системы применительно к конкретному проекту судна, что обеспечивается профессиональной подготовкой, адаптивностью, требуемым уровнем психологической устойчивости и психофизиологических реакций в стандартных и экстремальных ситуациях.

Таблица 4. Программное обеспечение обучения и подготовки экипажа

Программное обеспечение	
Общее	Специальное
Организация процесса ввода-вывода данных	<b>Обучение:</b> интерактивный диалоговый режим работы, прием и анализ запросов, форматирование и отображение учебной и справочной информации
Управление обработкой данных	<b>Контроль:</b> параметрический, логический, временной
Распределение ресурсов при эксплуатации специального программного обеспечения	<b>Моделирование:</b> управление диалогом, управление процессом моделирования (диспетчер)
Система управления базами данных	<b>Архив:</b> накопление, хранение, выдача сведений о результатах обучения <b>Справочник:</b> информация по нестандартным ситуациям и действиям операторов; по составу, устройству и принципам функционирования изучаемых судовых систем

В заключение выделим приоритетные направления для совершенствования тренажеров и обучающих систем:

- разработка и внедрение в учебный процесс специализированных малогабаритных компьютерных тренажеров, пригодных для обучения операторов решению задач управления техническими средствами и отработки интеллектуальных навыков по принятию решений в аварийных ситуациях при самостоятельной тренировке;
- разработка компьютерных тестирующих и обучающих программ для объективной оценки знаний, умений и навыков на основе экспертных систем контроля знаний обучаемых (программы должны включать базы знаний и обеспечивать распознавание ситуации на основании предоставляемых фактов, формулировать решение или давать рекомендации по выбору необходимых действий);
- унификация программно-аппаратных средств, направленная на сокращение объемов разрабатываемого программного обеспечения и широкое применение техники сжатия видеoinформации для последующего копирования в тренажерах наиболее ответственных систем;
- разработка тренажеров с сенсорными экранами, позволяющими решать задачи отработки моторных навыков при оперативном управлении и в аварийных ситуациях.

**Литература**

1. Скороходов Д. А. Архитектура интегрированных систем управления кора-

блем: учеб. пособие. — СПб. : СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2010. — 88 с.

2. Вагущенко Л. Л. Интегрированные системы ходового мостика. — Одесса : Латстар, 2003. — 169 с.
3. Моделирование действий специалистов водного транспорта методом профессионально-аксиологического анализа механизмов принятия решений / М. Л. Маринов, Д. А. Скороходов, С. Н. Турусов и др. // Морские интел. технол. 2018. Т. 1. № 3 (41). С. 183–189.
4. Каминский В. Ю., Маринов М. Л., Скороходов Д. А. Методика учета профессионально-ценностного аспекта действий судоводителя во время тренажерной подготовки // Там же. 2018. Т. 1. № 1 (39). С. 209–214.
5. Гурьев Ю. В., Слуцкая М. З., Ткаченко И. В. Гидродинамические проблемы создания компьютерных тренажеров морских объектов и пути их решения // Фундам. прикл. гидрофизика. 2008. № 2. С. 29–44.
6. Прокофьев В. А. Обоснование применения когнитивного подхода к управлению морским судоходством // Вестн. Гос. ун-та морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова. 2017. Т. 9. № 3. С. 516–523.
7. Каминский В. Ю., Скороходов Д. А., Королёв О. А. Информационная система поддержки принятия решения при борьбе за живучесть судна // Труды Всерос. научн.-практ. конф. «Технологии построения когнитивных транспортных систем». — СПб. : Ин-т проблем транспорта РАН, 2018. С. 93–99.