Научные труды Дальрыбвтуза. 2026. Том 77, № 3. С. 227–237.

СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И ИХ ЭЛЕМЕНТЫ (ГЛАВНЫЕ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ)

Научная статья
УДК 656.085 DOI: doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2026-77-21 EDN: YVBSUU

О цифровой трансформации подготовки судомехаников: интеграция облачных симуляторов, цифровых двойников и технологий искусственного интеллекта в формирование компетенций

Виталий Витальевич Ганнесен [1], Екатерина Евгеньевна Петрова [2]
Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток, Россия
[1] gannesen.vv@dgtru.ru
[2] pillers@mail.ru

Аннотация. В условиях перехода к Индустрии 4.0 современная морская отрасль сталкивается с новой оперативной реальностью: суда подвергаются глубокой автоматизации, происходит смена парадигмы в выборе альтернативных видов топлива, стремительно растут киберриски, а глобальная торговля претерпевает структурную трансформацию. Для безопасного и эффективного выполнения своих обязанностей экипажам, и в особенности судовым инженерам-механикам, необходимо постоянно совершенствовать свои компетенции, используя современные инструменты и адаптивные методы обучения. В статье рассматриваются современные подходы к подготовке судомехаников с использованием тренажерных комплексов и иммерсивных технологий. Проанализированы типы симуляторов, применяемых в морском образовании, их функциональные возможности и соответствие международным стандартам ПДНВ. Сделан вывод, что трансформация интегрированных тренажерных центров на базе облачных вычислений, искусственного интеллекта (ИИ) и цифровых двойников формирует новую парадигму непрерывного морского образования, полностью отвечающую вызовам Индустрии 4.0 и гарантирующую высокий уровень безопасности мореплавания.

Ключевые слова: тренажеры, симуляторы, подготовка судомехаников, VR/AR технологии, цифровой двойник, ПДНВ, морское образование, иммерсивное обучение

Для цитирования: Ганнесен В. В., Петрова Е. Е. О цифровой трансформации подготовки судомехаников: интеграция облачных симуляторов, цифровых двойников и технологий искусственного интеллекта в формирование компетенций // Научные труды Дальрыбвтуза. 2026. Т. 77, № 3. С. 227–237.

Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University. 2026. Vol. 77, no. 3. P. 227–237.

MARINE POWER PLANTS AND THEIR ELEMENTS (MAIN AND AUXILIARY)

Original article

On the digital transformation of ship engineers training: integration of cloud simula-tors, digital twins and artificial intelligence technologies into competence formation

Vitalii V. Gannesen [1], Ekaterina E. Petrova [2]
Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia
[1] gannesen.vv@dgtru.ru
[2] pillers@mail.ru

© Ганнесен В. В., Петрова Е. Е., 2026

Abstract. In the context of the transition to Industry 4.0, the modern maritime industry faces a new opera-tional reality: ships are undergoing deep automation, there is a paradigm shift in the choice of al-ternative fuels, cyber risks are growing rapidly, and global trade is undergoing a structural trans-formation. In order to perform their duties safely and effectively, crews, and especially ship en-gineers, need to constantly improve their competencies using modern tools and adaptive training methods. The article discusses modern approaches to training ship engineers using simulator complexes and immersive technologies. The types of simulators used in marine education, their functionality and compliance with international STCW standards are analyzed. It is concluded that the transformation of integrated training centers based on cloud computing, artificial intelli-gence (AI) and digital twins forms a new paradigm of continuous maritime education that fully meets the challenges of industry 4.0 and guarantees a high level of safety of navigation.

Keywords: training appliance, simulators, training of ship engineers, VR/AR technologies, digital twin, STCW, marine education, immersive learning

For citation: Gannesen V. V., Petrova E. E. On the digital transformation of ship engineers training: integration of cloud simula-tors, digital twins and artificial intelligence technologies into competence formation. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University.* 2026; 77(3):227–237. (In Russ.).

Введение

Современная морская отрасль переживает период беспрецедентной технологической трансформации. Цифровизация судоходства (ИИ, цифровые двойники, Big data, VR/AR – технологии и др.), внедрение автономных систем управления, переход на альтернативные виды топлива и ужесточение экологических требований кардинально меняют профессиональный ландшафт морской индустрии [1]. В этих условиях традиционные методы подготовки судомехаников, основанные преимущественно на теоретическом обучении и ограниченной практической подготовке на учебных судах перестают в полной мере отвечать вызовам времени [2]. Проблема состоит в том, что если теоретическое обучение можно обеспечить на соответствующем уровне, то пройти практическую подготовку на перспективных судах практически невозможно: во-первых, таких судов мало; во-вторых, для работы на таких судах нужно уже заранее обладать необходимыми компетенциями хотя бы вспомогательного уровня.

Международная конвенция о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты (ПДНВ/STCW), принятая в 1978 году с последующими поправками (включая Манильские поправки 2010 года), устанавливает обязательные требования к использованию тренажеров в подготовке морских специалистов [3]. Раздел A-I/12 Кодекса ПДНВ определяет стандарты компетенций, которые могут быть достигнуты с использованием тренажеров, а раздел B-I/12 содержит рекомендации по их применению. Конвенция четко регламентирует:

- Минимальные стандарты производительности тренажеров.
- Требования к квалификации инструкторского состава.
- Процедуры оценки эффективности тренажерной подготовки.
- Критерии сертификации тренажерных центров.

Особое значение имеет требование о том, что тренажеры, используемые для обязательной подготовки и оценки компетенций, должны быть одобрены администрацией государства флага. Указанные нормативы формируют единую систему международных требований, предъявляемых к техническим характеристикам и методическому обеспечению тренажерных средств подготовки морских специалистов.

Ключевую роль в регулировании данной сферы играют документы Международной морской организации – в особенности циркуляры MSC/Circ.1111 и MSC-FAL.1/Circ.3, детализирующие эксплуатационные параметры тренажерного оборудования различных категорий [4]. Параллельно с этим ведущие классификационные общества – DNV, Lloyd's Register, Россий-

ский морской регистр судоходства – разрабатывают собственные нормативные базы сертификации, которые, сохраняя преемственность по отношению к стандартам ИМО, нередко включают расширенные технические регламенты, отражающие специфику национального флота.

Статистические данные ИМО свидетельствуют о тревожной тенденции: примерно четыре пятых всех инцидентов на море обусловлены ошибками судового экипажа [5]. Данный факт актуализирует проблему формирования у курсантов морских учебных заведений устойчивых профессиональных компетенций, способных компенсировать дефицит практического опыта. В этих условиях тренажерные комплексы, воспроизводящие как штатные режимы эксплуатации, так и аварийные сценарии, приобретают статус основного инструмента снижения эксплуатационных рисков.

Настоящая работа посвящена системному анализу современных средств тренажерной подготовки судомехаников, оценке степени их соответствия международным нормативным требованиям, а также определению траекторий развития иммерсивных образовательных технологий в системе морского образования.

Материалы и методы исследования

Современные суда используют все более сложные механизмы, системы автоматизации и энергоснабжения, что предъявляет более высокие требования к персоналу машинного отделения. Безопасная и эффективная эксплуатация зависит от того, насколько хорошо механики понимают работу систем, реагируют на отказы оборудования, сигналы тревог и выполняют штатные и аварийные процедуры. В современной образовательной практике, ориентированной на подготовку кадров для морского транспорта, применяется широкая номенклатура тренажерных средств, дифференцируемых по степени детализации имитации и дидактическим задачам.

Информационную базу исследования составили массивы неструктурированных данных, включающие технические описания продукции ведущих производителей тренажерного оборудования, а также материалы научных публикаций, размещенных в открытом доступе. Проведенный анализ позволил классифицировать существующие тренажерные решения на следующие категории: настольные программные симуляторы, функционирующие на персональной вычислительной технике (Desktop Simulators); гибридные тренажерные комплексы (Hybrid Simulators); системы, использующие технологии виртуальной и дополненной реальности (VR/AR-симуляторы); полнофункциональные тренажеры машинного отделения (Full Mission Simulators); облачные симуляторы, предоставляемые по модели «программное обеспечение как услуга» (SaaS-платформы).

Базовые программные симуляторы, работающие на стандартных ПК (Desktop Simulators), являются фундаментом современной системы подготовки и используются для изучения теоретических основ и алгоритмов действий. Уровень реалистичности таких симуляторов 40–60 % (высокая математическая и логическая точность, но отсутствие тактильной обратной связи и физического масштаба). Основная цель: изучение принципов работы судовых систем, отработка алгоритмов пуска/остановки оборудования, маршрутизации потоков (переключение клапанов) и базовый поиск неисправностей. Классическим примером данного класса является тренажер ERS 4000 Solo, разработанный компанией «Транзас» [6]. Данный программный комплекс, работающий на стандартной рабочей станции, предназначен для индивидуальной практической подготовки судомехаников и мотористов. Он позволяет в интерактивном режиме отрабатывать навыки несения вахты в машинном отделении, алгоритмы пуска и остановки оборудования, а также безопасную эксплуатацию судовых систем и механизмов в строгом соответствии с требованиями Конвенции ПДНВ (STCW) и национальными образовательными стандартами.

Другим примером класса Desktop Simulators является разработка компании Kongsberg Maritime – тренажерный комплекс «K-Sim Engine» [7]. Данная система полностью соответствует требованиям конвенции ПДНВ (STCW) и идеально подходит для базовой подготовки

судовых механиков в условиях стандартного компьютерного класса. Конфигурационные возможности рассматриваемого тренажерного комплекса отличаются значительной гибкостью. Система допускает организацию учебного процесса как на единственной рабочей станции, так и в специализированном классе, вмещающем до двадцати пяти обучающихся, при этом функции инструкторского контроля могут быть распределены между одним или двумя пультами управления. Подобная архитектурная адаптивность позволяет преподавательскому составу одновременно разрабатывать, координировать и проводить объективную оценку выполнения имитационных сценариев различной степени сложности.

Компания Kongsberg Maritime в своих разработках опирается на передовые подходы к виртуальному моделированию, дополненные сложными алгоритмами математической обработки информации. Результатом такого синтеза выступают высокоточные цифровые двойники (digital twins) судовых систем, воспроизводящие их функционирование с минимальным отклонением от реальных прототипов. Именно эта вычислительная основа формирует у обучающихся целостное понимание причинно-следственных связей, управляющих алгоритмов и взаимной увязки бортовых процессов – еще до того момента, когда курсанты приступят к непосредственной работе с физическим оборудованием.

Особую нишу в современной тренажерной подготовке занимают гибридные симуляторы (Hybrid Simulators). Их принципиальное отличие состоит в комбинации аппаратных компонентов, воспроизводящих отдельные элементы реального оборудования, с программными моделями, отвечающими за имитацию технологических процессов. Достигаемый уровень правдоподобности оценивается в диапазоне 80–85 %, что при существенно меньшей стоимости разработки по сравнению с полномасштабными комплексами обеспечивает порядка 90 % образовательной отдачи. Данное обстоятельство делает гибридные решения особенно востребованными при формировании навыков выполнения как штатных технологических операций, так и сценариев аварийного реагирования.

Чтобы тренажер начал моделировать новый тип двигателя или новую систему очистки балластных вод, достаточно обновить программное обеспечение, оставив физическую консоль.

Представителем тренажеров этого класса в российской и международной практике подготовки морских инженеров (судовых механиков и электромехаников) является разработка НЦТТ (Научный центр тренажерных технологий) – тренажер машинного отделения «ERT-6100 RU» [8]. Тренажер оснащен реальными, тактильными панелями управления. Курсант нажимает настоящие кнопки, переключатели, тумблеры, крутит реальные регуляторы и видит физическую мнемосхему с ламповой или светодиодной индикацией. Это формирует мышечную (тактильную) память, которую невозможно получить за обычным компьютером. Программная часть – сложные математические модели, рассчитывающие термодинамику, гидравлику и электротехнику в реальном времени. Если курсант «закрывает» физический клапан, программная модель мгновенно пересчитывает давление в трубопроводе, температуру и нагрузку на насос. Это не 100%-я копия (Full Mission Simulator) конкретного судна, где воспроизведен каждый миллиметр и каждый провод оригинального оборудования (что стоило бы в разы дороже). Здесь используется типовой, но высокореалистичный пост управления (ПУ), который максимально приближен к реальному оборудованию современных судов. При этом программная часть позволяет с высокой точностью (до 85 %) моделировать поведение конкретных типов главных двигателей (например, MAN B&W или Wärtsilä), сепараторов, котлов и систем балласта.

В сегменте отечественного программного обеспечения особого упоминания заслуживают разработки компании «Эволюция морских цифровых технологий» [9]. Продуктовые линейки «ERS TechCore» (тренажер машинного отделения) и «LCHS TechCore» (тренажер грузобалластных операций) выступают в качестве высокодетализированных электронных моделей. Они обеспечивают точную репликацию не только пространственной конфигурации машинного отделения и центрального поста управления (ЦПУ), но и специфики грузовых систем, а также пультов управления операциями применительно к конкретным типам реальных судов.

Подобные комплексные решения ориентированы на углубленную подготовку специалистов машинного отделения, отработку регламентных алгоритмов несения вахты, а также объективный аудит профессиональных компетенций судовых механиков. За счет внедрения верифицированных математических моделей и досконального воспроизведения оригинальных мнемосхем данные системы достигают показателя реалистичности в 90–95 % (в аспекте системной логики и пользовательского интерфейса). Тем самым они успешно нивелируют разрыв между универсальными программными продуктами и капиталоемкими полномасштабными тренажерными комплексами.

Отдельную категорию образуют симуляторы на базе технологий виртуальной (VR) и дополненной (AR) реальности, формирующие высокоиммерсивную образовательную среду. Экспертные оценки определяют уровень их реалистичности в диапазоне 70–80 %. Несмотря на определенные ограничения в части тактильной обратной связи (по сравнению с гибридными аппаратно-программными комплексами), подобные решения обладают безусловным преимуществом, обеспечивая эффект полного визуального и пространственного погружения. Характерным примером выступает платформа «K-Sim Engine VR», разработанная компанией Kongsberg Maritime [7].

Указанная технология предоставляет обучаемым возможность перемещаться в масштабе 1 : 1 по виртуальной копии машинного отделения, взаимодействовать с трехмерными моделями агрегатов, а также отрабатывать маршруты обходов и эвакуации. Подобные тренировки проходят в безопасной, но максимально аутентичной цифровой среде, что имеет принципиальное значение для развития пространственной памяти и выработки устойчивых навыков поведения в нештатных ситуациях.

Параллельно с зарубежными аналогами в России наблюдается активное становление собственных VR/AR-решений, адаптированных под задачи технической подготовки судомехаников. В качестве показательного примера можно привести прикладные разработки, реализуемые на базе Научно-исследовательской лаборатории технологий VR/AR ГМУ им. адм. Ф. Ф. Ушакова.

Данная лаборатория создает специализированные иммерсивные тренажеры для отработки навыков эксплуатации судовых энергетических установок, обслуживания насосного и вспомогательного оборудования, а также для моделирования действий в машинном отделении при возникновении нештатных ситуаций. Такие отечественные разработки полностью соответствуют требованиям конвенции ПДНВ (STCW) и российским образовательным стандартам, обеспечивая глубокое погружение в профессиональную среду и возможность кастомизации под конкретные типы судовых механизмов [10].

Облачные симуляторы, работающие по модели «программное обеспечение как услуга» и обеспечивающие удаленный доступ к тренажерным мощностям через интернет. Это наиболее современный и быстро развивающийся тип симуляторов, идеально подходящий для дистанционного обучения. Ocean Technologies Group (OTG) и их флагманский продукт Seagull Online – это золотой стандарт в сфере морского электронного обучения (e-learning) и оценки компетенций экипажей [11]. В системе заложены сотни интерактивных модулей, охватывающих всё: от базовой безопасности (CTCW) и выживания в море до сложной навигации (ECDIS), работы с грузами (IMDG, IMSBC), эксплуатации двигателей и кибербезопасности. Система позволяет проводить стандартизированные тесты для оценки уровня знаний (например, перед наймом на судно). Тесты адаптивны и защищены от списывания. Контент и интерфейс доступны на десятках языков (включая русский, английский, филиппинский, украинский и др.), что решает проблему языкового барьера в международных экипажах.

Полномасштабные симуляторы машинного отделения представляют собой наиболее сложные и дорогостоящие тренажерные системы, воспроизводящие с высокой степенью реалистичности (95–100 %) все системы и оборудование реального машинного отделения. Они являются наиболее эффективным инструментом подготовки судовых механиков в соответ-

ствии с требованиями конвенции ПДНВ (STCW), раздел A-III/1 и A-III/2. Примером использования таких симуляторов является разработка симулятора машинного отделения «ERS TechSim» компании Wärtsilä – одного из лидеров в области инновационных технологий и решений для всего жизненного цикла продукции морской и энергетической отраслей [12]. Данный симулятор предназначен для обучения и оценки компетентности персонала машинного отделения, обеспечивает точное моделирование машинного оборудования и отсеков машинного отделения, позволяя проводить практическое обучение в реалистичных условиях эксплуатации. «ERS TechSim» воспроизводит реальные сценарии эксплуатации, используя подробные математические модели судовых механизмов и вспомогательных систем. Симулятор воспроизводит поведение системы, сигналы тревоги и реакции в нормальных, нештатных и аварийных условиях эксплуатации. Симулятор охватывает моделирование дизельных силовых установок и электростанций, вспомогательных систем, работы и управления механизмами, автоматизации, систем сигнализации и безопасности, включая реалистичное звуковое и аварийное поведение.

Примером отечественных разработок является тренажер машинного отделения «Neptun ERS» (Engine Room Simulator), созданный компанией «НОРМАН МАР» [13]. Данный комплекс отличается универсальностью и многоуровневым подходом к обучению: он предназначен как для формирования базовых профессиональных компетенций у курсантов морских вузов, так и для отработки действий в штатных и аварийных ситуациях судовыми механиками, а также для тренировки старших механиков в вопросах оптимизации и экономичной эксплуатации судового оборудования. В дополнение к детальной математической модели полной судовой энергетической установки тренажер обеспечивает высокоточную имитацию широкого спектра вспомогательных систем. Интерфейс и функционал «Neptun ERS» максимально приближены к реальности и включают: системы дистанционного управления главным двигателем, локальные посты и панели контроля, контроллеры, машинный телеграф, комплексные системы тревожной сигнализации, распределительные электрические щиты, а также реалистичное звуковое сопровождение рабочих процессов.

Обсуждение

Распределение типов симуляторов в современных центрах варьируется в зависимости от специализации, бюджета и целей обучения. Desktop-симуляторы наиболее распространены благодаря доступности, full-mission симуляторы обеспечивают максимальную реалистичность, VR/AR и гибридные системы представляют быстрорастущие сегменты. По результатам комплексного анализа первичной и вторичной открытой информации, систематизированной авторами в рамках настоящего исследования, выявлено примерное соотношение типов симуляторов, используемых в современных учебно-тренажёрных центрах подготовки судовых механиков (рис. 1).

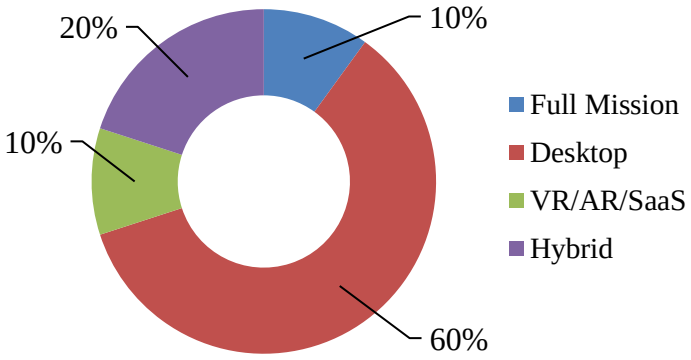


Рис. 1. Примерное соотношение типов симуляторов в современных учебно-тренажёрных центрах подготовки судовых механиков. Составлено авторами
Fig. 1. Approximate ratio of types of simulators in modern ship engineers training centers. Compiled by the authors

В настоящее время базовые Desktop-симуляторы (такие как ERS 4000 Solo или K-Sim Desktop) обеспечивают массовую отработку алгоритмов и знание систем; гибридные тренажеры необходимы для формирования тактильных навыков работы с реальными органами управления; полномасштабные Full Mission комплексы, продвинутые VR/AR, SaaS используются преимущественно для финальной аттестации, оценки командного взаимодействия и отработки сложных аварийных сценариев. Такое соотношение обеспечивает оптимальный баланс между экономической эффективностью учебного процесса и строгим соблюдением требований конвенции ПДНВ (STCW) к часам тренажерной подготовки [14, 15].

Требования к используемым морским симуляторам регулируются несколькими ключевыми международными документами:

- STCW Конвенция (Standards of Training, Certification and Watchkeeping) – устанавливает обязательные требования к подготовке моряков;
- IMO Model Course 2.07 – специализированный курс по тренажерной подготовке судовых механиков;
- ISO 5476:2023 – международный стандарт для VR и симуляторных систем в морской подготовке.

В табл. 1–2 представлено соответствие морских симуляторов нормативным требованиям. Кроме применения документов ИМО многие разработчики тренажеров руководствуются стандартом DNV-ST-0033 – стандарт DNV для морских симуляторных систем (DNV – норвежское независимое классификационное и сертификационное общество).

Таблица 1

Типы симуляторов машинного отделения их характеристики и соответствие международным нормативным требованиям

Table 1

Types of engine room simulators, their characteristics and compliance with international regulatory requirements

Тип симулятора	Уровень реалистичности	Основные функции	Соответствие стандартам
Desktop Simulator	60–70 %	Изучение теоретических основ работы судовых систем. Отработка отдельных операций (пуск двигателя, переключение насосов). Базовая диагностика неисправностей. Самоподготовка курсантов в удобное время. Тестирование знаний с автоматической оценкой. Дистанционное обучение	STCW Code: Поддержка базовых компетенций. IMO Model Course: Частичное соответствие 2.07
Full Mission Engine Room	95–100 %	Моделирование всех систем машинного отделения в реальном времени. Отработка стандартных операций: пуск/останов главного двигателя, синхронизация генераторов, переключение между видами топлива. Отработка аварийных сценариев: blackout, пожар, затопление, разрыв трубопроводов. Диагностика неисправностей: поиск и устранение отказов оборудования. Управление ресурсами машинного отделения (ERM): командное взаимодействие. Интеграция с навигационными	STCW Code: Tables A-III/1, A-III/2. IMO Model Course: 2.07 (Operational), 7.03 (Management). DNV GL Standard: No. 2.14 (Simulation and Training Systems). Российский морской регистр: Часть XI «Радиооборудование» (раздел по тренажерам)

		симуляторами для отработки взаимодействия «мостик-МО». Автоматическая оценка действий курсантов	
Hybrid System	80–85 %	Тактильная отработка операций (переключение клапанов, пуск насосов). Изучение устройства оборудования в разрезанном виде. Моделирование процессов, которые невозможно воспроизвести физически. Безопасная отработка аварийных ситуаций	STCW Code: Поддержка базовых компетенций (таблица A-VI/1). IMO: Пригодны для дополнительных тренировок, но не заменяют Full Mission
VR/AR Simulators	70–80 % (визуально до 90%)	Виртуальные обходы машинного отделения без физического присутствия на судне. Отработка процедур технического обслуживания и ремонта. Обучение безопасным практикам (работа в замкнутых пространствах, на высоте). Знакомство с различными типами судов (до 50+ типов в библиотеке). Отработка действий в опасных ситуациях (пожар, утечка газа). Многопользовательские сессии для командного обучения	STCW Code: Поддержка базовых компетенций (таблица A-VI/1). IMO: Пригодны для дополнительных тренировок, но не заменяют Full Mission
Cloud-based Simulators / SaaS	60–95 % (зависит от выбранного пакета)	Удаленный доступ к тренажерным сценариям из любой точки мира. Масштабируемость под любое количество пользователей. Непрерывное обновление контента без установки на стороне клиента. Централизованное управление курсами и оценками. Аналитика обучения с использованием больших данных. Интеграция с LMS (Learning Management Systems). Мобильный доступ с планшетов и смартфонов	STCW Code: Поддержка базовых компетенций (таблица A-VI/1). IMO: Пригодны для дополнительных тренировок, но не заменяют Full Mission

Таблица 2

Соответствие морских симуляторов типам подготовки

Table 2

Compliance of marine simulators with types of training

Тип подготовки	VR/AR симулятор	Full Mission	Hybrid	Desktop	Cloud
Базовая подготовка (STCW Basic)	Теория + Частично практика	Полностью	Частично	Только теория	Только теория
Engine Room Training (IMO 2.07)	Подготовительный этап	Полностью	Основной + подготовка	Подготовка	Подготовка
Аварийные ситуации	Пожары, затопления, SCBA	Полностью	Частично	Нет	Теория
Замкнутые пространства	Высокая реалистичность	Полностью	Частично	Нет	Теория

Пространственная ориентация	Отличная (3D-навигация)	Полностью	Ограничен	2D/3D на экране	Ограничен
Обучение новым технологиям	Высокая гибкость	Требует обновления аппаратной части	Гибкость	Ограничен	Высокая гибкость

Заключение

Тренажерные технологии стали неотъемлемой частью современной системы морского образования и подготовки кадров. От простых радиолокационных тренажеров 1970-х гг. до комплексных иммерсивных систем с использованием VR, AR и искусственного интеллекта – путь развития тренажеров отражает общую технологическую эволюцию морской отрасли.

Виртуальное машинное отделение перестало быть футуристической концепцией – это реальность, в которой ежедневно обучаются тысячи курсантов и повышают квалификацию действующие моряки. Современные тренажерные комплексы позволяют формировать компетенции различного уровня (рис. 2) и решать широкий спектр задач:

– обеспечить безопасную и эффективную отработку профессиональных навыков;

– сформировать компетенции, соответствующие требованиям конвенции ПДНВ и международным стандартам;

– минимизировать влияние человеческого фактора на безопасность мореплавания;

– снизить затраты на подготовку кадров без ущерба для качества;

– обеспечить непрерывное профессиональное развитие на протяжении всей карьеры.

Однако тренажерная подготовка не должна и не может полностью заменить реальную практику на судах. Оптимальная модель – это гибридный подход, сочетающий фундаментальное теоретическое образование, интенсивную тренажерную подготовку с отработкой стандартных и аварийных ситуаций, реальную практику на учебных и торговых судах.



Рис. 2. Иерархия компетенций, формируемых на тренажерах. Составлено авторами
Fig. 2. Hierarchy of competencies formed on simulators. Compiled by the authors

Развитие технологий виртуальной и дополненной реальности, искусственного интеллекта, облачных вычислений и цифровых двойников расширяет возможности для персонализации обучения, повышения его доступности и эффективности. В ближайшие 10–15 лет можно ожидать переход от «тренажеров как инструмента» к «иммерсивным образовательным экосистемам», которые будут сопровождать моряка на протяжении всей карьеры – от курсанта до капитана или старшего механика.

Инвестиции в тренажерную подготовку – это инвестиции в безопасность мореплавания, защиту человеческой жизни на море и сохранение морской среды [16]. В эпоху, когда морская отрасль сталкивается с беспрецедентными вызовами от декарбонизации до цифровизации и автономизации, роль тренажерных технологий в подготовке кадров будет только возрастать.

Список использованных источников

1. Ганнесен, В. В. Использование альтернативных видов топлива для декарбонизации морского судоходства / В. В. Ганнесен, Е. Е. Петрова // Научные труды Дальрыбвтуза. 2025. Т. 74, № 4. С. 185–192. DOI 10.48612/dalrybvtuz/2025-74-19. EDN ZELPQS.

2. Ганнесен, В. В. О необходимости подготовки экипажей морских судов к переходу на альтернативные виды топлива в рамках стратегии ИМО по сокращению выбросов парниковых газов / В. В. Ганнесен, Е. Е. Петрова // Научные труды Дальрыбвтуза. 2026. Т. 76, № 2. С. 230–237. DOI 10.48612/dalrybvtuz/2026-76-24. EDN ZBKWWU.

3. Международная конвенция о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты (ПДНВ) с поправками 2010 года (Манильские поправки). М. : Моркнига, 2020.

4. IMO Model Course 1.22: Simulator. London : International Maritime Organization, 2019. MSC.1/Circ.1331: Guidance on the use of simulators in training and assessment. London : IMO, 2009.

5. Ганнесен, В. В. Тренажерная подготовка как инструмент снижения количества технических аварий морских судов / В. В. Ганнесен, Е. Е. Петрова, И. С. Карпушин // Научные труды Дальрыбвтуза. 2024. Т. 70, № 4. С. 179–185. DOI 10.48612/dalrybvtuz/2024-70-18. EDN WCZHUH.

6. Официальный сайт компании Транзас. Режим доступа https://transas.ru/o-nas/ [Электронный ресурс] (дата обращения : 10.03.2026).

7. Официальный сайт компании Kongsberg Maritime. Режим доступа https://www.kongsbergmaritime.com/products/simulation/k-sim-engine/?solution=610592. [Электронный ресурс] (дата обращения : 10.03.2026).

8. Официальный сайт ООО “НЦТТ”. Режим доступа https://ststc.ru/engine-room-simulator.html [Электронный ресурс] (дата обращения : 10.05.2026).

9. Официальный сайт компании 'Эволюция морских цифровых технологий. Режим доступа https://evomarine.ru/o-nas/ [Электронный ресурс] (дата обращения : 12.05.2026).

10. Официальный сайт ФГБОУ ВО «ГМУ им. адм. Ф.Ф. Ушакова». Режим доступа https://www.vr-aumsu.ru/[Электронный ресурс] (дата обращения : 10.07.2026).

11. Официальный адрес веб-портала системы Ocean Learning Platform Режим доступа https://app.oceantg.com/[Электронный ресурс] (дата обращения : 20.07.2026).

12. Официальный сайт компании Wärtsilä. Режим доступа Wärtsilä. Navi-Trainer Professional: Technical Specifications. Helsinki : Wärtsilä Corporation, 2024 [Электронный ресурс] (дата обращения : 20.07.2026).

13. Официальный сайт Режим доступа https://norman-marine.ru/ru/neptun/ [Электронный ресурс] (дата обращения : 20.07.2026).

14. Digital Twins in Maritime Education and Training / Ed. by M. Grieves. Helsinki : Aalto University, 2023. 256 p.

15. Virtual and Augmented Reality in Maritime Training: A Systematic Review // Journal of Marine Science and Technology. 2023. Vol. 31, № 2. P. 145–167.

Сведения об авторах

В. В. Ганнесен – доцент, доцент кафедры судовождения, AuthorID: 812731.

Е. Е. Петрова – кандидат технических наук, доцент кафедры судовождения, AuthorID: 1108787.

Information about the authors

V. V. Gannesen – Associate Professor, Associate Professor of the Department of Navigation, AuthorID: 812731.

E. E. Petrova – PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Navigation, AuthorID: 1108787.

Статья поступила в редакцию 04.09.2026; одобрена после рецензирования 18.09.2026; принята к публикации 18.09.2026.

The article was submitted 04.09.2026; approved after reviewing 18.09.2026; accepted for publication 18.09.2026.

© Ганнесен В. В., Петрова Е. Е., 2026.

«О цифровой трансформации подготовки судомехаников: интеграция облачных симуляторов, цифровых двойников и технологий искусственного интеллекта в формирование компетенций» [Ганнесен В. В., Петрова Е. Е.] распространяется под лицензией Creative Commons Attribution (CC BY 4.0).