УДК 372.862:629.5.01
DOI: 10.37890/jwt.vi88.721

Методология разработки модулей «Судовые устройства и системы» VR-тренажёра «Теория устройства судна» и применение в учебном процессе

С.В. Васькин
Е.А. Лукина
ORCID: 0000-0002-3834-2386
А.И. Самосюк
Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия

Аннотация. В данной работе рассматривается актуальный вопрос цифровой трансформации морского и речного образования через внедрение специализированных тренажерных комплексов на базе технологий виртуальной реальности (VR). Описана целеполагающая и исследовательская часть работы по созданию VR-тренажёра «Теория устройства судна», техническая составляющая реализации идеи и достигнутые результаты. Представлен подробный анализ интерактивных модулей «Судовые устройства и системы», разработанных в составе программно-аппаратного комплекса «Теория устройства судна». Описана структура и функциональные возможности модулей, входящих в состав VR-тренажера «Теория устройства судна». Рассматриваются технические и методические аспекты реализации виртуальных моделей грузовой системы, а также якорно-швартовного и шлюпочного устройств. В статье обосновывается преимущество использования VR-технологий для формирования профессиональных компетенций будущих членов экипажей судов и инженеров-кораблестроителей, что позволяет минимизировать риски и затраты, связанные с эксплуатацией реального судового оборудования в процессе обучения. Описаны сценарии интерактивных лабораторных работ и методы контроля знаний. повысить наглядность изучения сложных технических узлов.

Ключевые слова: цифровизация образования, VR-технологии, тренажерная подготовка, судовые системы, грузовая система, судовые устройства, якорно-швартовное устройство, шлюпочное устройство, интерактивное обучение, безопасность мореплавания

Methodology for developing the «Ship devices and systems» modules of the «Ship theory» VR simulator and their application in the educational process

Sergey V. Vas'kin
Evgeniya A. Lukina
ORCID: 0000-0002-3834-2386
Alina I. Samosyuk
Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. This paper discusses the current issue of digital transformation of maritime and river education through the introduction of specialized training systems based on virtual reality (VR) technologies. It describes the goal-setting and research aspects of the work on creating the VR simulator «Basic ship theory» as well as the technical implementation of the idea and the achieved results. The paper provides a detailed analysis of the interactive modules «Ship Devices and Systems» developed as part of the software and hardware

complex «Basic ship theory». It also describes the structure and functionality of the modules included in the VR simulator «Basic ship theory». The article discusses the technical and methodological aspects of implementing virtual models of the cargo system, as well as the anchor, mooring, and boat devices. The article substantiates the advantage of using VR technologies to form the professional competencies of future crew members and shipbuilding engineers.

Keywords: digitalization of education, VR technologies, training, ship systems, cargo system, ship devices, anchor and mooring device, boat device, interactive training, maritime safety.

Введение

Одним из основных направлений современной образовательной политики Российской Федерации в транспортной отрасли [1] является использование современных мультимедийных технических средств с целью повышения качества подачи и усвоения материала студентами и курсантами [2, 3].

Поэтому, в образовательных организациях, подведомственных Росморречфлоту, а также их удаленных филиалах и судоходных компаниях в настоящее время возникла потребность в учебно-методических и тренажёрных комплексах теоретической подготовки [4], в том числе с использованием технологий виртуальной и дополненной реальности.

Для подготовки студентов плавательных специальностей – будущих членов экипажей речных и морских судов, применение технологий виртуальной реальности – это эффективное решение ряда проблем в тренажерной подготовке [1]:

– во-первых, изучение устройства и принципов работы судовых устройств в некоторых случаях требует покупки дорогостоящего и массогабаритного оборудования;

– во-вторых, тренажерная подготовка не всегда обеспечивает возможность всестороннего рассмотрения объекта изучения.

Для студентов неплавательных специальностей возникают сложности с организацией изучения судовых систем и устройств на реальных судах и предприятиях. Они связаны с доступом на частные объекты и безопасностью. До настоящего времени посещение судов студентами в рамках ознакомительных практик осуществляются только по добровольному согласию владельцев, экипажей судов и диспетчеров портов, руководства предприятий. При этом они берут на себя ответственность за безопасность студентов на судне или предприятии в зонах расположения механизмов и оборудования.

К тому же в рамках этих практик студентам сложно усвоить большой объём специфической информации по детализации устройств и систем. В этом возникает неоднократная необходимость при освоении специальных дисциплин.

Именно поэтому разработка компьютерных обучающих систем для изучения крупногабаритных и дорогостоящих деталей транспортных средств на базе виртуальной и дополненной реальности является перспективным и экономически выгодным направлением [5, 6].

В 2023-2025 г.г. во ФГБОУ ВО «ВГУВТ» проведена разработка программно-аппаратного комплекса на базе сквозных цифровых технологий виртуальной и дополненной реальности [7] «Теория устройства судна» с интегрированными интерактивными модулями.

1. Методы реализации VR-тренажёра

Программно-аппаратный комплекс реализован [6, 7] с использованием современного комплекта средств виртуальной реальности HTC Vive Pro, игрового движка Unity и программного пакета Blender. Графические библиотеки дополнены

детально проработанной 3D-моделю нефтеналивного судна, а также моделями его элементов, систем и устройств с высокой степенью детализации. Это позволит студентам изучать оборудование в контексте реальной архитектуры судна.

Интерактивные модули спроектированы как многоуровневая система, включающая:

– геометрически точные модели механизмов и систем (трубопроводов, запорной арматуры, брашпилей, кнехтов, шлюпбалок);

– физический движок, имитирующий натяжение тросов, движение цепей и поведение судна на воде;

– интерфейс взаимодействия (контроллеры виртуальной реальности), имитирующий ручное управление стопорами, рукоятками и пультами.

После детальной проработки геометрии в VR-тренажёре в настоящее время реализована работа интерактивных модулей в режиме изучения терминологии и тестирования по определениям элементов судна, систем и устройств.

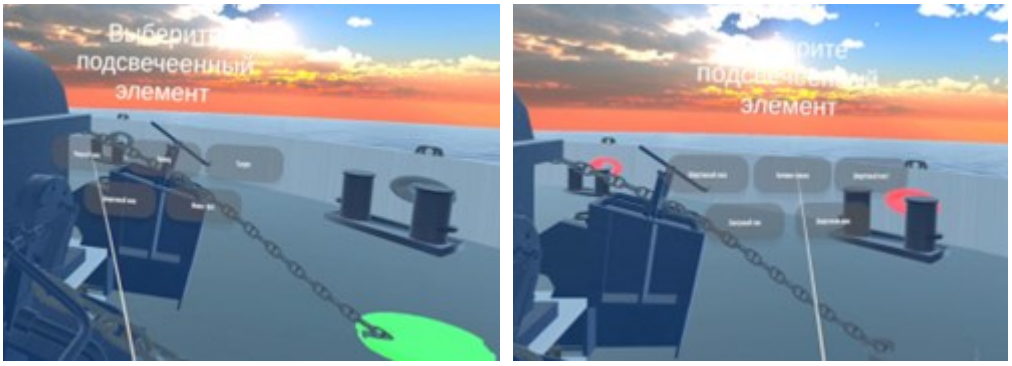
2. Результаты разработки отдельных интерактивных модулей

2.1 Якорно-швартовное устройство

Виртуальное 3х-мерное якорно-швартовное устройство, состоит из брашпиля, кнехтов, вьюшек, клюзов, киповых планок, штатно расположенных на судне заданного типа и водоизмещения.

Алгоритмы работы виртуального якорно-швартовного устройства обусловлены необходимостью отработки навыков плавсостава во время проведения постановки судна на якорную стоянку, снятия с якоря, швартовки к причалу или другому судну.

Тестовые задания построены по принципу необходимости выбора верного названия элемента якорно-швартовного устройства. Например, на сцене «подсвечен» швартовный клюз (рис.1). На экране надпись с заданием «Выберите подсвеченный элемент:» и вариантами ответов: швартовный клюз; киповая планка; швартовный кнехт; смотровой люк. При выборе верного варианта ответа элемент подсвечивается зелёным цветом, неверного – красным.



а) б)

Рис. 1. Пример задания с выбором верного (а) и неверного (б) варианта ответа

Тестовые задания по якорно-швартовному устройству содержат 18 определений элементов и по 4 варианта неверных ответов к каждому элементу.

Также возможны варианты заданий по типу: «Укажите элемент «Брашпиль». Обучающийся должен навести джойстик и подсветить верный элемент.

2.2 Модуль «Шлюпочное устройство»

К реализации в VR-тренажёре принята закрытая шлюпка свободного падения [8, 9]. Шлюпочное устройство в этом случае состоит из рамной конструкции, смонтированной на двух палубах по высоте в кормовой части судна и включающей, в том числе, подвижные элементы; закрытой самоходной шлюпки; элементов управления. Для обеспечения спускоподъёмной функции устройство оборудовано электро-гидравлической системой с пультом управления, оснасткой, лебёдкой и другими элементами.

Разработана поэлементная 3D-геометрия в следующем объёме (см. рисунок 2):

1. Посадочная площадка перед кормовой дверью шлюпки. Кормовая часть верхней (шлюпочной) палубы. С боковых сторон площадка обнесена быстросъёмным леерным ограждением.
2. Наружные элементы шлюпки: кормовая дверь, люки, окна, поручни, спецсимволы, подъёмные кольца, гаки, тросы, спасательные лини, орошающая система, навигационные огни, спусковой крюк и все элементы его отдачи – основные и аварийные, подъёмные крюки, проушины.
3. Внутреннее устройство шлюпки: посадочные места, ремни безопасности, люки, клапаны, рычаги, пульт управления, двигатель, баллоны с воздухом, рулевое управление, системы, движитель, рукоятки. От входной двери просматривается внутреннее пространство шлюпки.
4. Прорисовка элементов электро-гидравлической системы на палубе, на шлюпбалке, на шлюпке.

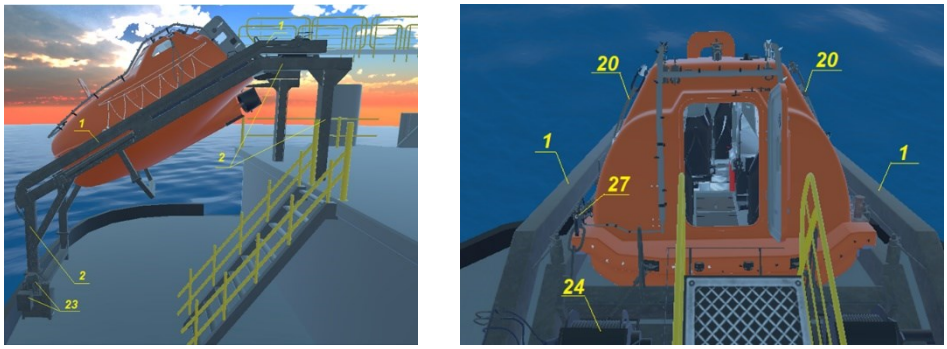


Рис. 2. Модель шлюпочного устройства

Разработанная виртуальная модель позволяет изучать основные элементы шлюпочного устройства и их взаимодействие при операциях по подготовке, спуску и подъёму шлюпки.

На данном этапе на модели «Шлюпочное устройство» реализована работа в режиме тестирования. Сформирована база из 30 элементов шлюпочного устройства. К каждому элементу определён список из 5ти вариантов ответа, включая правильный.

Система формирует индивидуальный вариант теста, выстраивая вопросы (подсвеченные элементы шлюпки) случайным образом, и также «перемешивает» порядок вариантов ответов в каждом вопросе.

Дальнейшее развитие VR-модели шлюпочного устройства в части динамики и взаимодействия всех элементов спускоподъёмного устройства; гидравлической системы управления; внутреннего устройства шлюпки – позволит поставить лабораторные работы по темам:

1) «Подготовка к оставлению судна»;

2) «Спуск шлюпки методом свободного падения»;

3) «Спуск шлюпки на лопарях»;

4) «Управление спасательной шлюпкой, подъём людей с воды и буксировка спасательных плотов»;

5) «Подъём шлюпки из воды и её закрепление на спускоподъёмном устройстве».

Сценарии лабораторных работ в модуле «Шлюпочное устройство» были разработаны на основе материалов:

– курса ФГБОУ ВО «ВГУВТ» «Специалист по спасательным шлюпкам и плотам»;

– Международный кодекс по спасательным средствам (Кодекс КСС/LSA);

– РКО ПКПС Часть V «Судовые устройства и снабжение»;

– РКО НД №2-020101-171 Правила по оборудованию морских судов;

– Конструкторский документ «Спасательные средства и устройства. Методика швартовных и ходовых испытаний».

2.3 Модуль «Судовые системы»

Поскольку в качестве прототипа моделируемого судна был выбран танкер, при разработке модуля «Судовые системы» принято решение воспроизвести ряд специальных систем, характерных для нефтеналивных судов:

– грузовую и зачистную систему;

– систему мойки танков;

– газоотводную систему.

– Указанный выбор обусловлен следующими факторами:

– высокой частотой использования систем при эксплуатации судна (особенно для грузовой и зачистной систем);

– значительным количеством разнообразных элементов в составе каждой системы;

– наличием множества режимов (вариантов) работы;

– прямым влиянием на безопасность эксплуатации судна.

Среди перечисленных систем наибольшее внимание уделено грузовой системе, поскольку её неправильная эксплуатация способна привести к аварийным и чрезвычайным ситуациям. На наливных судах применяются грузовые системы различных типов: с кольцевой или линейной магистралью, с переборочными клинкетами, туннельного типа, а также с погружными насосами.

В последнее время танкеры относительно небольшой грузоподъемности (до 15–20 тыс. т) оснащаются преимущественно системами с погружными насосами. К достоинствам таких систем относятся:

– отсутствие всасывающих трубопроводов;

– стабильность процесса выдачи груза;

– сокращение объема не удаляемого остатка в грузовых танках;

– отсутствие необходимости в установке специальных зачистных насосов [10, 11].

Расположение всех основных трубопроводов на главной палубе судна, характерное для грузовых систем данного конструктивного типа, существенно облегчает изучение студентами состава, устройства и принципа действия системы.

Для проведения лабораторных работ разработана виртуальная модель грузовой и зачистной систем, включающая следующие элементы:

– приводы грузовых насосов;

– грузовые и зачистные трубопроводы;

– поворотные затворы с ручным и электроприводом;

– приводы перепускных клинкетных задвижек;

– палубные элементы (сходные люки, стационарные моечные машинки и др.).

Трехмерные модели систем созданы на основе эскизов и чертежей отдельных элементов. Примеры таких моделей показаны на рисунках 3–6.

Проектирование конструкции велось с учётом требований нормативной документации [3, 8, 12, 13] и включало разработку принципиальных схем, трассировку трубопроводов, компоновку оборудования, расчёт производительности насосов и диаметров трубопроводов.

Изображение некоторых элементов систем в составе тренажера представлено на рис. 7 и 8.

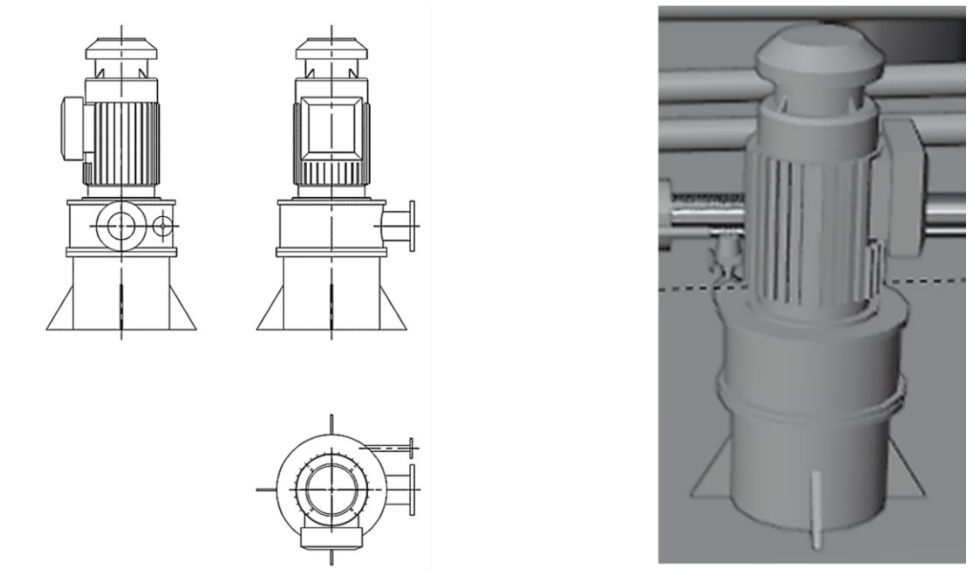


Рис. 3. Эскизы и трехмерная модель двигателя грузового насоса судна

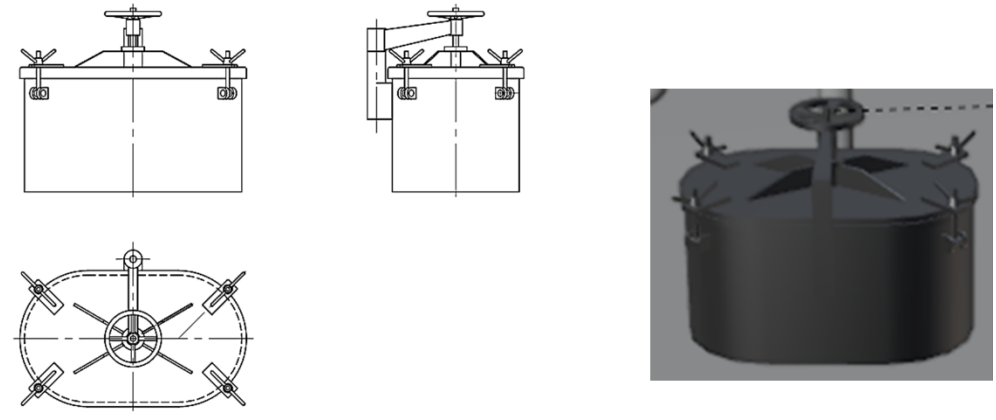


Рис. 4. Эскизы и трехмерная модель сходного люка в грузовой танк

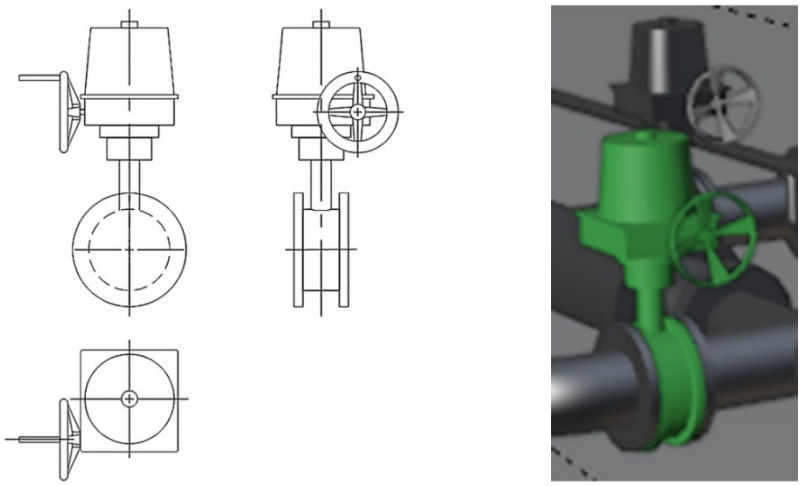


Рис. 5. Эскизы и трехмерная модель поворотного затвора с электроприводом

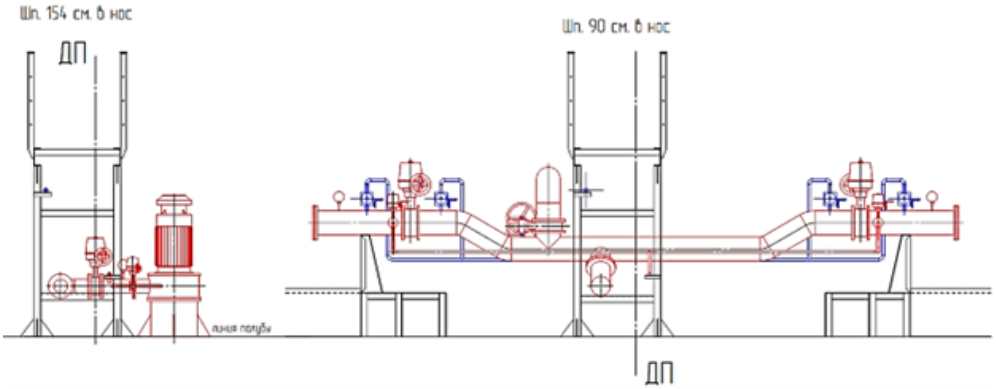


Рис. 6. Трассировка трубопроводов грузовой и зачистной системы
в районе грузового насоса и манифольда

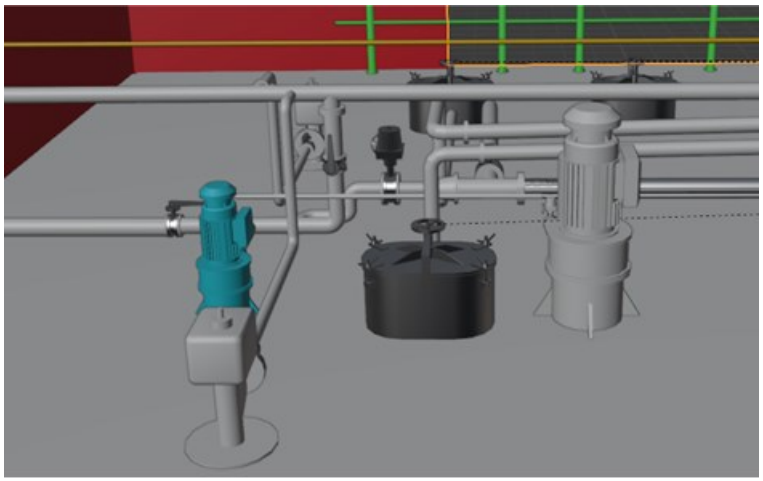


Рис. 7. Фрагмент внешнего вида тренажера с элементами систем в кормовой части грузовой зоны

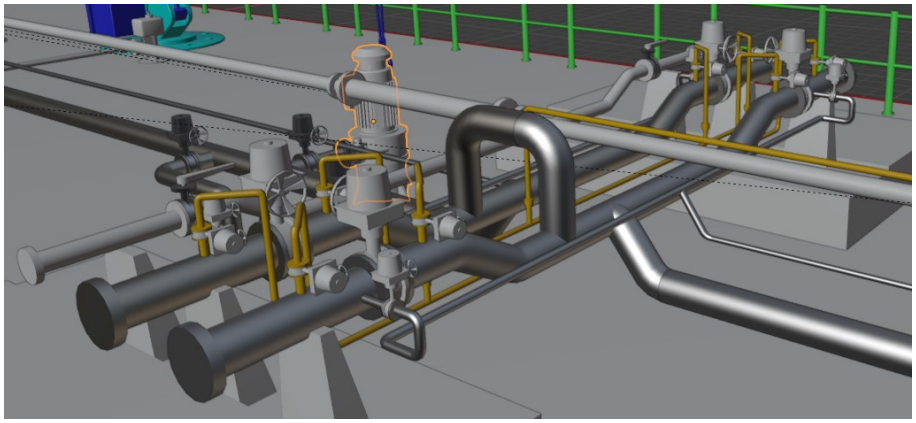


Рис. 8. Фрагмент внешний вида тренажера в районе манифольда

Для обеспечения функциональности в устройстве грузовой системы предусмотрена возможность имитации следующих режимов работы:

– приема или выгрузки одного или двух сортов груза одновременно;

– выгрузки с задействованием всех либо части грузовых насосов;

– приема и выдача груза с любого борта через один или оба трубопровода манифольда;

– зачистки магистралей от остатков нефтепродуктов после завершения грузовых операций.

– Методика работы с модулем состоит из двух частей.

Первая часть (ознакомительная) предназначена для объяснения конструкции систем, расположения и назначения элементов. Контроль усвоения материала осуществляется в форме тестирования, включающего задания на демонстрацию местоположения элементов непосредственно на тренажере. По устройству грузовой и зачистной системы разработано 30 вопросов, которые сгруппированы в отдельные тестовые задания по 5 вопросов.

Вторая часть (практическая) направлена на формирование навыков эксплуатации. Обучающиеся осваивают последовательность действий экипажа при выполнении грузовых операций в различных режимах. Для этого модуль должен быть дополнен виртуальной моделью пульта управления грузовыми и балластными операциями. В процессе имитации работы систем предусмотрена возможность эмуляции отказов элементов для отработки действий в нештатных ситуациях. В этом случае обучающиеся, используя специальное оборудование (шлем, перчатки), могут осуществлять виртуальное перемещение по палубе судна и вручную управлять работой систем.

3. Образовательная ценность и интеграция в учебный процесс

Разработанные модули «Судовые устройства: якорно-швартовное и шлюпочное» в формате тестирования могут быть внедрены в учебный процесс дисциплины «Теория и устройство судна» (направление подготовки 26.05.06, 26.05.07), «Судовые устройства и системы» (направление подготовки 26.05.01).

Для выполнения лабораторных работ обучающийся должен предварительно изучить состав шлюпочного устройства, функциональные возможности, его элементов, последовательность операций при использовании шлюпочного устройства с учётом техники безопасности в зависимости от заданной ситуации.

При работе с модулем «Судовые системы» на первоначальном этапе изучаются состав, устройство и режимы работы систем с использованием специально разработанных принципиальных схем.

Разработанные модули позволят реализовывать комплексные лабораторные работы для широкого круга специальностей. Для студентов плавательных направлений акцент делается на эксплуатационной составляющей и технике безопасности. Для студентов кораблестроительных специальностей VR-модуль открывает уникальные возможности по изучению монтажных схем. Это позволит студентам в рамках учебного процесса ознакомиться с порядком монтажа указанных устройств и систем на судне, виртуально присутствовать на швартовных и ходовых испытаниях, видеть процесс взаимодействия механизмов «изнутри».

Дальнейшее развитие проекта предполагает расширение библиотеки сценариев, включая работу с грузовыми устройствами и отработку действий при возникновении нештатных ситуаций (отказ гидравлики, заклинивание механизмов).

4. Заключение

Внедрение интерактивных модулей «Судовые системы» и «Судовые устройства» в учебный процесс ФГБОУ ВО «ВГУВТ» подтверждает эффективность использования технологий виртуальной реальности как средства повышения профессиональной подготовки. Переход от пассивного изучения чертежей к активному взаимодействию с трехмерными моделями оборудования позволяет значительно повысить уровень усвоения материала и готовность выпускников к реальной работе на флоте.

Реализация виртуальных моделей современных судовых устройств и систем отвечает целям подготовки экипажей судов, позволяет отрабатывать жизненно важные навыки использования судовых устройств, и выполнять предписанные действия.

Цифровая трансформация образовательной среды является залогом конкурентоспособности транспортного вуза и безопасности перевозок водным транспортом.

Список литературы

1. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2035 года. – М., 2021. – Режим доступа: http://static.government.ru/media/files/7enYF2uL5kFZlOOpQhLl0nUT91RjCbeR.pdf
2. Кодекс ПДНВ-78 с изменениями. – Режим доступа: https://base.garant.ru/2540787/
3. Правила классификации и постройки судов внутреннего и смешанного (река-море) плавания. Российское Классификационное Общество. – М., РКО, 2025.
4. Гагаев, С. Ю. Проблемы и перспективы развития внутреннего водного транспорта в Российской Федерации // Научный взгляд в будущее. – 2016. – Т. 1, № 2. – С. 46–50.
5. Воевудский, Е. Н. Экономико-математические методы и модели в управлении морским транспортом: учеб. для студентов морских вузов / Е. Н. Воевудский, Н. А. Коневцева, Г. С. Махуренко, И. П. Тарасова; под ред. Е. Н. Воевудского. – М.: Транспорт, 1988. – 384 с.
6. Попов, С. В., Малышев, Ю. С., & Бурмакин, О. А. (2025). Виртуальный тренажерный комплекс главной энергетической установки судна с винто-рулевой колонкой. Научные проблемы водного транспорта, (82), 87-98. https://doi.org/10.37890/jwt.vi82.580
7. Кириченко А. В., Зыкова А. А., Гетман В. Э. Технологии виртуальной и дополненной реальности в судостроении // Труды СПбГМТУ, 2022, Номер 4 (декабрь 2022). – Режим доступа: https://lki.smtu.ru/ru/article/94/
8. Российское Классификационное Общество. Правила по оборудованию морских судов. Часть II. Спасательные средства. – Москва: Российское Классификационное Общество, 2023. – Режим доступа: https://rfclass.ru/uploads/poms2_21-10-2024.pdf

9. Международный кодекс по спасательным средствам (Кодекс КСС/LSA). – 6-е изд. – СПб.: ЦНИИМФ. – Режим доступа: https://base.garant.ru/71516888/53f89421bbdaf741eb2d1ecc4ddb4c33/
10. Геец, В. М. Специальные системы наливных судов. Курс лекций: учеб. пособие / В. М. Геец. – Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2012. – 185 с.
11. Трусов А.С., Хайдуков О.П. Системы мойки танков морских танкеров: Конструкция, основы эксплуатации, перспективы развития: Учебное пособие. - Новороссийск: НГМА, 2002. – 68 с.
12. РД5Р.5452–80. Системы грузовая и зачистная наливных судов. Правила и нормы проектирования.
13. ГОСТ 5648-90. Трубопроводы судовые. Правила нанесения отличительных и предупреждающих знаков.

References

1. Transport Strategy of the Russian Federation for the period up to 2030 with a forecast up to 2035. – M., 2021. – Access mode: http://static.government.ru/media/files/
2. Code of the PDNV-78 with amendments. – Access mode: https://base.garant.ru/2540787/
3. Rules for the Classification and Construction of Inland and Mixed (River-Sea) Vessels. Russian Classification Society. – Moscow, RCO, 2025.
4. Gagaev, S. Yu. Problems and Prospects of Inland Water Transport Development in the Russian Federation // Scientific Outlook for the Future. – 2016. – Vol. 1, No. 2.
5. Voevudskiy, E. N. Economic and mathematical methods and models in marine transport management: textbook. for students of maritime universities / E. N. Voevudsky, N. A. Konevtseva, G. S. Makhurenko, I. P. Tarasov; edited by E. N. Voevudsky. – M.: Transport, 1988. – 384 p.
6. Popov, S. V., Malyshev, Yu. S., & Burmakin, O. A. (2025). Virtual training complex of the main power plant of a vessel with a propeller-rudder column. Scientific Problems of Water Transport, (82), 87-98. https://doi.org/10.37890/jwt.vi82.580
7. Kirichenko A. V., Zykova A. A., Getman V. E. Virtual and Augmented Reality Technologies in Shipbuilding // Proceedings of SPbGMTU, 2022, No. 4 (December 2022). – Access mode: https://lki.smtu.ru/ru/article/94/
8. Russian Classification Society. Rules for the Equipment of Sea Vessels. Part II. Life-Saving Appliances. – Moscow: Russian Classification Society, 2023. – Access mode: https://rfclass.ru/uploads/poms2_21-10-2024.pdf
9. International Code for Life-Saving Appliances (LSA Code). – 6th ed. – St. Petersburg: TsNIIMF. – Access mode: https://base.garant.ru/71516888/53f89421bbdaf741eb2d1ecc4ddb4c33/
10. Geets, V. M. Spetsial'nye sistemy nalivnykh sudov. Kurs lektsii : ucheb. posobie / V. M. Geets. – Vladivostok : Mor. gos. un-t, 2012. – 185 p.
11. Trusov A.S., Khaidukov O.P. Sistemy moiki tankov morskikh tankerov: Konstruktsiya, osnovy ehkspluatatsii, perspektivy razvitiya: Uchebnoe posobie. - Novorossiisk: NGMA, 2002. – 68 p.
12. RD5R.5452–80. Sistemy gruzovaya i zachistnaya nalivnykh sudov. Pravila i normy proektirovaniya.
13. GOST 5648-90. Truboprovody sudovye. Pravila naneseniya otlichitel'nykh i preduprezhdayushchikh znakov.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Васькин Сергей Владимирович, к.т.н., доцент, доцент кафедры гидродинамики, теории корабля и экологической безопасности судов, Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: serwaskin@mail.ru

Sergey V. Vas'kin, Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor of the Department of Hydrodynamics, Ship Theory, and Economic Safety of Ships, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951

Лукина Евгения Александровна, к.т.н., доцент, доцент кафедры гидродинамики, теории корабля и экологической безопасности судов, Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: gtkiebslukina@yandex.ru

Evgeniya A. Lukina, Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor of the Department of Hydrodynamics, Ship Theory, and Economic Safety of Ships,, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951

Самосюк Алина Игоревна, к.т.н., доцент кафедры гидродинамики, теории корабля и экологической безопасности судов, Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: aliandrsam@gmail.com

Alina I. Samosyuk, Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor of the Department of Hydrodynamics, Ship Theory, and Economic Safety of Ships, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951

Статья поступила в редакцию 05.05.2026; принята к публикации 22.06.2026; опубликована онлайн 20.09.2026. Received 05.05.2026; published online 20.09.2026.