

УДК 62-51

Шураев Олег Петрович¹, доцент кафедры эксплуатации судовых энергетических установок, к.т.н, доцент
e-mail: solwrk@inbox.ru

Боровилов Андрей Олегович¹, младший научный сотрудник отдела разработки программного обеспечения,
e-mail: borovilov@vsuwt.ru

¹Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия.

РАЗРАБОТКА ТРЕНАЖЕРА ЭКСПЛУАТАЦИИ СУДОВОГО ДВИГАТЕЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Аннотация. Рассмотрены предпосылки для разработки тренажера, позволяющего отрабатывать операции по эксплуатации судового двигателя, с использованием технологии виртуальной реальности. Приведены достоинства и недостатки программных продуктов, определившие выбор сред разработки. Определены задачи тренажера и достигаемые компетенции в соответствии с Кодексом ПДНВ. Дана классификация ошибок при выполнении упражнения.

Ключевые слова: тренажерная подготовка, тренажеры, виртуальная реальность, эксплуатация судового двигателя

Одной из ключевых задач любого учебного заведения высшего образования в Российской Федерации является поддержание высокого качества подготовки своих выпускников. Особенно важным является соответствие уровня образования студентов плавательных специальностей российских вузов Росморречфлота требованиям мировых стандартов образования, установленных Кодексом ПДНВ [1], ведь именно от действий экипажа зависят жизни пассажиров, а также сохранность многомиллионных грузов на речных и морских судах. В качестве одного из способов повышения уровня усвоения материала у обучающихся в настоящее время широко используется тренажерная подготовка.

Исследование эффективности использования тренажеров для профессиональной подготовки членов плавсостава рассматривалось в работах [2, 3], где отмечалось, что использование тренажерных комплексов в процессе обучения положительно влияет на усвоение материала обучающимися. На актуальность использования тренажеров также указывает наличие публикаций [4, 5], в которых рассматриваются основные проблемы тренажерной подготовки членов плавсостава по эксплуатации объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств.

К числу используемых для обучения членов плавсостава тренажерных комплексов в настоящий момент можно отнести множество различных решений, сертифицированных Министерством транспорта РФ и созданных в соответствии с конвенцией ПДНВ. Далее постараемся рассмотреть некоторые из них и постараемся выделить их плюсы и минусы.



Рисунок 1 - Навигационный тренажер NTPro 5000

Навигационный тренажер NTPro 5000 (Рисунок 1) разработан фирмой «Транзас» и активно применяется для обучения и аттестации судоводителей в вузах, подведомственных Росморречфлоту. Тренажер предоставляет широкие возможности по настройке окружения, позволяя проводить обучения при различных моделируемых погодных условиях (сила ветра, волнение и проч.).

На базе данного тренажера компания «Транзас» предлагает целое семейство похожих разработок, отличающихся узкой специализацией: это и тренажер маломерного судна, и тренажер плавания в ледовых условиях, и рыбопромысловый тренажер, и др.

Конструктивно данные тренажеры практически не различаются и состоят из станции инструктора и одного или нескольких навигационных мостиков. Примерно такое же устройство имеет тренажер ГМССБ также разработанный группой «Транзас».

Очевидной особенностью данных решений является их стационарность (обычно под них выделяют отдельное помещение с несколькими комнатами), сложность установки, а также дороговизна – стоимость может достигать сотни миллионов рублей. К числу положительных сторон данных решений сами разработчики относят высокую степень визуальной проработки, что увеличивает степень погружения обучающегося в моделируемое задание.

Кроме больших тренажерных комплексов в обучении плавсостава применяются также тренажеры более компактные и решающие зачастую одну конкретную задачу. Например, тренажер крановых операций (Рисунок 2), который предназначен для отработки навыков управления основными современными типами кранов.



Рисунок 2 - Тренажер крановых операций

Как видно из изображения такой тренажер уже занимает меньше места по сравнению с комплексами «Транзаса», соответственно обладает меньшей стоимостью и легкостью в использовании.

Помимо использования технических разработок, к тренажерной подготовке плавсостава также можно отнести занятия на береговом учебно-тренажерном центре (УТЦ), где у обучающихся формируются навыки борьбы за живучесть судна и оказания медицинской помощи. Инструкторы таких УТЦ обладают всеми необходимыми компетенциями для обучения студентов и проводят с ними практические занятия в условиях, приближенных к реальным.

После краткого анализа мы можем сформулировать основные преимущества и недостатки тренажерных систем, используемых при подготовке членов плавсостава. К преимуществам можно в первую очередь отнести установленную эффективность формирования навыков у обучающихся в процессе прохождения занятий на тренажерах, а также обширную область задач, решаемых на данных занятиях. К недостаткам можно отнести относительную дороговизну некоторых технических решений, их стационарность, отсутствие масштабируемости и большие габаритные размеры.

Стараясь решить данные недостатки, сохранив при этом основные преимущества использования тренажерной подготовки, силами сотрудников ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта» был реализован ряд мультимедийных обучающих модулей с использованием технологий виртуальной реальности (VR).

Специфика работы разрабатываемых обучающих модулей предполагает необходимость постоянного отслеживания действий человека в реальности, таких как перемещение в пространстве или управление руками, с целью переноса этих действий в виртуальную реальность, в связи с чем нами был исследован рынок средств виртуальной реальности по следующим критериям:

- наличие устройств трекинга перемещения человека в комплекте поставки средства VR;
- точность трекинга перемещения человека;

- разрешение экранов шлема средства VR;
- наличие программных библиотек разработки под выбранное устройство;
- качество и количество технической документации, описывающей данные библиотеки;
- количество участников сообщества разработчиков под выбранное устройство.

Исходя из результатов данного исследования было выбрано устройство HTC Vive Pro.

Помимо этого, для программной разработки обучающих модулей необходимо специализированное программное обеспечение, которое будет выступать как база для всего процесса разработки. В технологии виртуальной реальности базой для разработки являются игровые движки. Был проведен анализ наиболее распространенных: Unreal Engine и Unity. Основные преимущества и недостатки рассмотренных систем представлены в Таблице 1.

Таблица 1

Сравнение преимуществ и недостатков игровых движков Unreal Engine и Unity

Unreal Engine	Unity
Преимущества	
<ul style="list-style-type: none"> - открытый исходный код; - большое сообщество разработчиков; универсальность. 	<ul style="list-style-type: none"> - быстрая компиляция; - возможность разработки на языке C#; - большое количество качественной технической документации; - большое сообщество разработчиков; - наличие конструктора шейдеров.
Недостатки	
<ul style="list-style-type: none"> - встроенное визуальное программирование и как следствие высокие требования к навыкам разработчика и длительный процесс разработки. 	<ul style="list-style-type: none"> - необходимость глубокого погружения в принципы работы движка для создания продукта; - отсутствие открытого кода для кастомизации модулей.

Исходя из анализа преимуществ и недостатков движков, а также компетенций и предпочтений команды разработчиков был выбран движок Unity.

В качестве основного средства для создания трёхмерной компьютерной графики был выбран программный пакет Blender. Данный продукт является свободным и открытым программным обеспечением для создания трёхмерной компьютерной графики и включает в себя средства моделирования, скульптинга, анимации, симуляции, рендеринга, постобработки и монтажа видео со звуком. Данный программный продукт позволяет экспортировать создаваемые модели в различных форматах, что обеспечивает практически бесшовную интеграцию создаваемых моделей сразу в игровой движок.

В качестве тематики одного из разработанных мультимедийных обучающих модулей была выбрана лабораторная работа по эксплуатации судового главного двигателя. Согласно требованиям Кодекса ПДНВ [1] подготовка вахтенных и старших/вторых механиков должна включать в том числе достижение следующих компетенций (Таблица 2)/

Таблица 2

Формируемые на тренажере компетенции согласно Конвенции ПДНВ

Таблица ПДНВ	Компетентность	Методы демонстрации компетентности	Критерии для оценки компетентности
А-III/1	Эксплуатация главных и вспомогательных механизмов и связанных с ними систем управления,	Одобрённая подготовка с использованием лабораторного	Конструкция и эксплуатирующиеся механизмы могут быть поняты и объяснены с



	<p>в т.ч.:</p> <p>Подготовка к работе, эксплуатация, обнаружение неисправностей и необходимые меры по предотвращению повреждений главного двигателя и связанных с ним вспомогательных механизмов</p>	<p>оборудования</p>	<p>помощью чертежей/инструкций</p>
<p>А-III/2</p>	<p>Эксплуатация, контроль, оценка характеристик и безопасность главного двигателя.</p> <p>Практическое знание</p> <p>Запуск и остановка главной двигательной установки и вспомогательных, механизмов, включая связанные с ними системы.</p>	<p>Одобренная подготовка с использованием лабораторного оборудования</p>	<p>Методы подготовки к пуску и подготовки топлива, смазочных материалов, охлаждающей воды и воздуха являются наиболее подходящими.</p> <p>Проверка давлений, температур и оборотов в ходе запуска и прогрева соответствует техническим спецификациям и согласованным планам работ.</p> <p>Контроль за работой главной двигательной установки и вспомогательных систем является достаточным для поддержания безопасных условий эксплуатации</p>

При подготовке судовых механиков двигатель судна и основные этапы его эксплуатации изучаются в рамках профессиональной подготовки моториста и дисциплин «Судовые двигатели внутреннего сгорания» и «Эксплуатация судовых дизельных установок».

Основными операциями при эксплуатации главного судового двигателя являются подготовка и запуск двигателя, поддержание заданного режима работы, включая контроль, изменение режима работы, остановка двигателя. В процессе изучения операций, в частности запуска двигателя, с одной стороны необходимо добиться понимания процессов, происходящих в двигателе и его системах, с другой – довести выполнение требуемой последовательности действий до автоматизма.

Традиционная подготовка предполагает осуществление операций по подготовке к пуску и самого пуска на реальном, действующем оборудовании. Это вызывает ряд сложностей:

- необходимость обеспечения техники безопасности при выполнении работ;
- возможные ошибки обучающихся приводят к дорогостоящему ремонту оборудования;
- амортизация основных узлов также требует дорогостоящего ремонта.

Указанные обстоятельства ограничивают использование действующего оборудования в учебном процессе. Таким образом, весьма актуальной является задача по разработке виртуальной модели машинного помещения, в котором можно было бы выполнить все

необходимые действия для запуска двигателя, включая сам запуск. Применение такой модели в учебном процессе сокращает количество ошибок при взаимодействии с реальным оборудованием, а также позволяет проведение занятий в условиях отсутствия действующего судового оборудования.

В результате разработки мультимедийного обучающего модуля был создан следующий перечень элементов:

- судовой главный двигатель, с отраженными в модели воздушной, топливной и смазочной системами;
- судовой редуктор;
- пост управления главными двигателями.

Все элементы были объединены в единой сцене (Рисунок 3), воссоздающей машинное помещение судна.

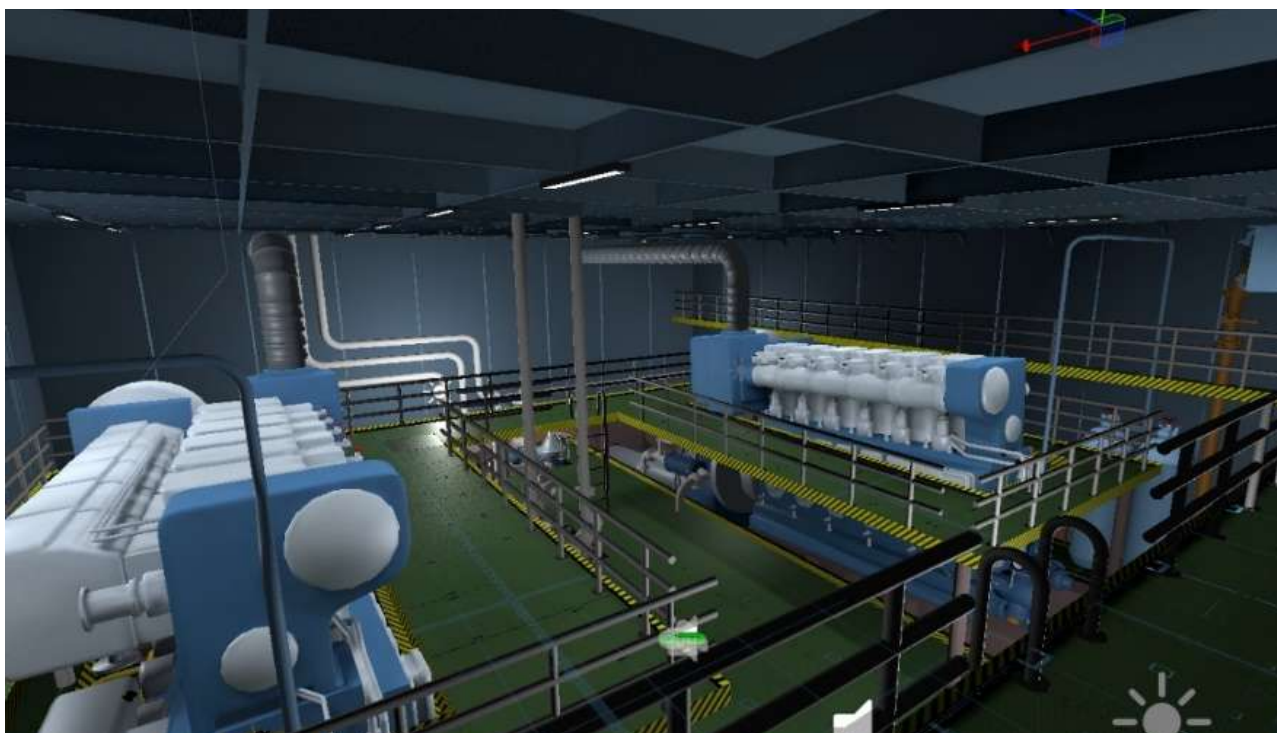


Рисунок 3 – В машинном помещении судна

Обучающийся в процессе использования мультимедийного обучающего модуля полностью воспроизводит алгоритм действий по запуску двигателя. Согласно сценарию выполнения лабораторной работы в начальный момент времени двигатель находится в исправном работоспособном состоянии, все рабочие среды в том или ином количестве присутствуют в двигателе, двигатель и все оборудование для его обслуживания остановлены.

В ходе лабораторной работы обучающийся может (как в правильном, так и в неправильном порядке) выполнить набор действий в виртуальном пространстве: проверить уровень масла и обеспечить предпусковую прокачку двигателя маслом (с возможностью контроля давления масла по манометру на местном посту управления двигателем); открывать и закрывать индикаторные краны, контролировать давление и открывать или закрывать подачу сжатого воздуха для запуска двигателя; обеспечить подвод топлива к двигателю и осуществить попытку запуска двигателя с местного поста управления (Рисунок 4). Пуск двигателя состоится только при условии, что открыто топливо и подведен пусковой воздух. В случае удачного пуска обучающийся может изменить режим работы виртуального двигателя, задавая требуемую частоту вращения с помощью маховичка на местном посту управления и контролируя работу с помощью

тахометра. Также после запуска обучающийся может выполнить действия по остановке двигателя: уменьшение частоты вращения коленчатого вала, перевод рукоятки в положение «Стоп», кратковременное включение электроприводного маслопрокачивающего насоса, закрытие подачи топлива и воздуха. Таким образом, двигатель окажется в исходном состоянии и будет готов к выполнению лабораторной работы следующим обучающимся.



Рисунок 4 – Местный пост управления двигателем

Помимо разработки сценария, нами были проанализированы и проранжированы по тяжести последствий возможные ошибочные действия пользователя. Все неправильные действия обучающегося можно свести в три группы. Первая группа – серьезные ошибки, ведущие к выходу из строя оборудования. К ней, например, относится проворот коленчатого вала на воздухе или запуск двигателя без создания масляного клина, обеспечиваемого включением насоса предпусковой прокачки масла и контролируемого по манометру. Вторая группа - ошибки, приводящие к потенциально опасной ситуации. Примером такой ошибки может служить забытые в открытом положении один или несколько индикаторных кранов. При попытке запуска двигателя в такой ситуации При 1..2 открытых клапанах будут происходить «выстрелы» из них, при большем количестве – затруднительный или вовсе невозможный запуск двигателя. Третья группа - бессмысленные действия, не меняющие состояния объекта. К таким действиям можно отнести открытие и следом, без проворота коленчатого вала на воздухе, закрытие

индикаторных кранов, когда предписанное инструкцией по эксплуатации действие вроде бы выполняется, но понимания смысла этого действия у обучающегося нет.

Сообщения об ошибочных действиях пользователя при работе с тренажером появляются на экране инструктора и могут использоваться для последующего разбора и оценивания упражнения.

Данный мультимедийный обучающий модуль был внедрен в учебный процесс дисциплины «Судовые двигатели внутреннего сгорания» в 2023 году в ФГБОУ ВО «ВГУВТ». Разработанное решение имеет практическую значимость для подготовки судовых механиков, так как позволяет организовать изучение операций по управлению двигателем и отточить практические навыки с минимальным задействованием реального судового оборудования, что в свою очередь снижает издержки образовательных организаций.

Список литературы:

1. Международная Конвенция о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты 1978 года (ПДНВ-78) с поправками (консолидированный текст). International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers, 1978 as amended.

2. Олейников Б. И., Костылев И. И., Орлова Е. Г. Роль технологических тренажеров в практической подготовке плавсостава // Материалы III национальной научно-практической конференции «Современные тенденции практической подготовки в морском образовании». -2022. – с. 53.

3. Олейников Б. И., Костылев И. И. Тенденции развития и современное состояние технологических тренажеров для подготовки специалистов морского и речного транспорта //Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции «Современные научные исследования: актуальные проблемы и тенденции». – 2019. – с. 188-196.

4. Марков К. В., Шураев О. П. Проблемы развития тренажерной подготовки судовых механиков на речном транспорте // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. – 2004. – № 9. – С. 165-168. – EDN POMXTB.

5. Марков К. В., Шураев О. П. Роль и место тренажерной подготовки в профессиональном обучении судовых инженеров-механиков // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. – 2003. – № 5. – С. 146-149. – EDN PMYRVZ

DEVELOPMENT OF A SHIP ENGINE OPERATION SIMULATOR USING VIRTUAL REALITY TECHNOLOGIES

Oleg P. Shurayev, Andrey O. Borovilov

Annotation. The prerequisites for the development of a simulator that allows to work out operations for the operation of a marine engine using virtual reality technology are considered. The advantages and disadvantages of software products that determined the choice of development environments are given. The tasks of the simulator and the competencies achieved in accordance with the STCW Code are defined. The classification of errors during the exercise is given.

Keywords: simulator training, simulators, virtual reality, marine engine operation.

