

EDN: IPOKAI
УДК 004.946

Integration of Virtual Reality Technology into Oil and Gas Staff Training: Problems and Solutions

Alina S. Dyachenko, Maksim V. Rumyantsev*,
Shamil M. Zainetdinov, Aleksei Yu. Sanin,
Artyom S. Silinsky and Stepan A. Kolesnikov
*Siberian Federal University
Krasnoyarsk, Russian Federation*

Received 26.03.2025, received in revised form 28.03.2025, accepted 31.03.2025

Abstract. In the context of increasing competition and instability in the global energy market, oil and gas companies are seeking to implement digital technologies to improve production efficiency and reduce costs. One such case of digitalization is the use of electronic equipment for personnel training. The article analyzes existing solutions in this area, identifies their main drawbacks, such as limited interaction of applications with installation technologies and the high cost of deploying systems that require connection to computers. Based on the abovementioned problems, principles for creating an effective VR simulator for work at an oil field, which will improve the quality of training, ensure realistic interaction with equipment technologies and increase the mobility of the system, were formulated.

Keywords: VR technologies, VR simulator, virtual learning environment, oil and gas industry.

Research area: Social Structure, Social Institutions and Processes.

Citation: Dyachenko A.S., Rumyantsev M.V., Zainetdinov Sh. M., Sanin A. Yu., Silinsky A.S., Kolesnikov S.A. Integration of Virtual Reality Technology into Oil and Gas Staff Training: Problems and Solutions. In: *J. Sib. Fed. Univ. Humanit. soc. sci.*, 2025, 18(4), 834–849. EDN: IPOKAI



Интеграция технологии виртуальной реальности в подготовку кадров нефтегазовой промышленности: проблемы и пути их решения

А.С. Дяченко, М.В. Румянцев, Ш.М. Зайнетдинов,
А.Ю. Санин, А.С. Силинский, С.А. Колесников

Сибирский федеральный университет
Российская Федерация, Красноярск

Аннотация. В условиях усиливающейся конкуренции и нестабильности на мировом энергетическом рынке нефтегазовые компании стремятся внедрять цифровые технологии для повышения эффективности производства и снижения затрат. Одним из таких направлений цифровизации является использование виртуальных тренажеров для подготовки кадров. В статье проведен анализ существующих решений в данной области, выявлены их основные недостатки, такие как ограниченное взаимодействие пользователей с технологическими установками и высокая стоимость развертывания систем, требующих подключения к компьютерам. На основе выявленных проблем были сформулированы принципы создания эффективного VR-тренажера для работы на нефтяном месторождении, который позволит повысить качество обучения, обеспечить реалистичное взаимодействие с технологическим оборудованием и увеличить мобильность системы.

Ключевые слова: VR-технологии, VR-тренажёр, виртуальная обучающая среда, нефтегазовая промышленность.

Научная специальность: 5.4.4. Социальная структура, социальные институты и процессы.

Цитирование: Дяченко А. С., Румянцев М. В., Зайнетдинов Ш. М., Санин А. Ю., Силинский А. С., Колесников С. А. Интеграция технологии виртуальной реальности в подготовку кадров нефтегазовой промышленности: проблемы и пути их решения. *Журн. Сиб. федер. ун-та. Гуманитарные науки*, 2025, 18(4), 834–849. EDN: IPOKAI

Введение

Компании нефтегазовой отрасли активно внедряют инновационные технологии для повышения эффективности производства. Цифровизация способствует снижению затрат и увеличению безопасности на месторождениях (Sircar et al., 2021). Мировые центры нефтегазовой индустрии вынуждены адаптироваться к всё более конкурентному и непредсказуемому рынку энергетики, который сталкивается с надвигающимся дефицитом ископаемого топлива и изменениями потребительских предпочтений в сторону альтернативных источников энергии (de Oliveira

Matias, Devezas, 2007). В этих условиях цифровизация становится важным инструментом для сохранения прибыльности и создания конкурентных преимуществ за счет оптимизации затрат и повышения устойчивости к рыночным потрясениям.

Цифровизация коснулась и обучения сотрудников нефтегазовой отрасли. Так, заметна тенденция на внедрение технологии виртуальной реальности для подготовки кадров к работе на месторождении. Нефтегазовые компании инвестируют ресурсы в разработку виртуальных тренажеров (Aiken et al., 2024), которые позволяют сотрудникам

совершенствовать свои профессиональные навыки в безопасной среде, подобно тому, как это происходит на реальных физических тренажерах.

Виртуальный тренажер (или виртуальное моделирование) – это интерактивный инструмент обучения, пользователи которого применяют экранные платформы/программное обеспечение, отражающие реалистичные события (Turner et al., 2023). Виртуальные тренажеры предлагают множество уникальных преимуществ для обучения. Например, пользователи получают реалистичный интерактивный опыт, видят немедленную обратную связь и реакцию на свои действия, что особенно важно для отработки навыков в промышленной отрасли (Lehmann et al., 2015; Phillips, Harper, DeVon, 2023). В виртуальной реальности (далее VR) обеспечивается среда, в которой люди могут развивать навыки и повторять отрабатываемые задачи так часто, как это необходимо (Brown et al., 2022). Таким образом, создание виртуальных тренажеров позволяет существенно сократить расходы на обучение сотрудников нефтегазовой отрасли, а также дает возможность симулировать различные аварийные ситуации в безопасной виртуальной среде.

Одним из наиболее впечатляющих аспектов технологии виртуальной реальности является её иммерсивность (от англ. «погружение») – «комплекс ощущений человека, находящегося в искусственно созданном трехмерном мире, в котором он может менять точку обзора, приближать и удалять объекты и т.п.» (Sklyarevskaya i dr., 2019). Как отмечает Ю.В. Корнилов: «Иммерсивный подход отчасти сопрягается с другими подходами в образовании (деятельностный, контекстный, информационный), углубляя их значение» (Kornilov, 2019).

В данной статье мы рассмотрим проблемы и преимущества, связанные с обучением в виртуальной реальности, а также, ориентируясь на наш опыт разработки прошлых лет (Astrashabov i dr., 2023), сформулируем принципы создания эффективного VR-тренажера для обучения сотрудников работе на месторождении.

Анализ преимуществ и недостатков виртуальных тренажеров

На сегодняшний день существуют VR-тренажеры для подготовки специалистов в области медицины, строительства, промышленности, нефтедобывающей области и многих других сферах деятельности (Izard et al., 2018; Wijkmark, 2024; Abichandani et al., 2019). Методы обучения с использованием VR привлекают внимание пользователей и демонстрируют более высокую эффективность в запоминании новой информации по сравнению с традиционными подходами (Fitrianto, Saif, 2024; Cabrera et al., 2019). Одним из ключевых преимуществ технологии виртуальной реальности является её универсальность, позволяющая воспроизводить разнообразные сценарии для обучения. Это означает, что тренажер может быть настроен и адаптирован под различные условия и требования, в зависимости от сферы деятельности. Еще одним преимуществом является интерактивность. Виртуальная реальность позволяет пользователю увидеть результат своих действий при взаимодействии с тренажерами. Это помогает более глубоко погрузиться в процесс обучения, лучше понять материал и возможные последствия своих действий в безопасной среде.

Для создания собственного конкурентного и эффективно обучающего решения в VR были проанализированы проблемы и недостатки аналогичных проектов. Например, в некоторых тренажерах есть проблемы с проработкой программных скриптов – программ, которые выполняют определенные функции в заданной последовательности (Savin, Baten'kina, 2014). Качество и количество таких программ оказывают влияние на уровень погружения пользователя в виртуальную среду и на процесс взаимодействия с тренажером. Одним из распространенных решений для упрощения разработки большого количества скриптов является использование триггеров – зон, при входе в которые программа активируется автоматически (Savin, Baten'kina, 2014). Такие зоны позволяют

увеличить количество взаимодействий в VR-тренажере благодаря простоте реализации, однако они не дадут пользователю реалистичного опыта работы с оборудованием. Например, в VR-тренажере от компании District Zero (District Zero Keisy, 2024) поворот вентилей и кранов происходит автоматически, без непосредственного взаимодействия с данным оборудованием. Пользователю достаточно сжать правую руку и находиться в поле срабатывания триггера (рис. 1, 2).

Несмотря на интерес нефтяных компаний к созданию виртуальных тренажеров (Aiken et al., 2024), а также усилия образовательных центров по повышению эффективности подготовки сотрудников через специализированное обучение (O'Connor, Flin, 2003), количество исследований, посвященных использованию VR для адаптации сотрудников к работе на месторождениях, остается ограниченным. Большинство из них фокусируется на обучении правилам безопасности и эвакуации, а не на стандартных рабочих про-

цессах на нефтяных площадках (Hubbold, Keates, 2000; Chun et al., 2011). Компании, такие как EON (VirtualMeeting, 2024), и лаборатории, такие как LITE (Oil Rig IVLE by LITE, 2024), разрабатывают коммерческие решения для обучения с технологией виртуальной реальности, но предоставляется недостаточно информации для полноценного анализа преимуществ и недостатков этих проектов. Таким образом, особенно важно выявить как сильные, так и слабые стороны существующих решений для разработки эффективных принципов создания VR-тренажеров.

Одной из значительных проблем обучающих решений в нефтегазовой сфере являются аппаратные ограничения тренажеров. Так, тренажеры (PROMVR TEKhnICHESKIE TREBOVANIYa, 2024; SimLAB – Trenazher, 2024; AMT – Trenazher, 2024) работают только при подключении VR-очков к компьютеру или только через ПК (рис. 3, 4, 5). Это ограничивает мобильность пользователя и увеличивает затраты на приобретение оборудования.



Рис. 1. Автоматический поворот вентилей в тренажере от District Zero (District Zero Keisy, 2024)
Fig. 1. Automatic valve rotation in the simulator from District Zero (District Zero Keisy, 2024)



Рис. 2. Автоматический поворот крана в тренажере от District Zero (District Zero Keisy, 2024)
Fig. 2. Automatic crane rotation in the simulator from District Zero (District Zero Keisy, 2024)

ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ



Ноутбук/компьютер



Файл с тренажерами



VR-очки

Рис. 3. Технические требования к установке тренажеров от PROMVR (PROMVR TEKhNICHESKIE TREBOVANIYa, 2024)

Fig. 3. Technical requirements for the installation of PROMVR simulators (PROMVR TEKhNICHESKIE TREBOVANIYa, 2024)



Рис. 4. Пример организации класса для тренажера «Автоматизированное рабочее место оператора по управлению системами управления процессами добычи нефти и газа на нефтедобывающей платформе (АРМ СУ НДП)» от SimLab (SimLAB – Trenazher, 2024)

Fig. 4. An example of the organization of a class for the simulator “Automated workplace of an operator for managing systems for managing oil and gas production processes on an oil production platform (ARM SU NDP)” from SimLab (SimLab – Trenazher, 2024)

Причина такой реализации виртуальных тренажеров заключается в том, что сами по себе VR-очки менее производительны, чем ПК, а наличие вычислительных мощностей в компьютере позволит загружать качественные 3D-модели без сложных решений по оптимизации на этапе разработки. Однако использование только VR-очков для обучения будущих кадров нефтедобывающей области имеет существенные преимущества. Например, снижение стоимости развертки такого VR-тренажера, т.к. потребуются только VR-очки, повышение мобильности обучающихся

благодаря отсутствию кабелей для подключения дополнительного оборудования, что соответствует стандартам обучения СанПин (SanPiN 2.4.2.2821–10, Punkt 4.9), нет необходимости в быстром и стабильном интернете при подключении VR-очков без кабеля. Таким образом, создание тренажера с возможностью использования его только на VR-очках усложнит процесс разработки, но даст очевидные плюсы для будущих пользователей.

В данном разделе были выделены преимущества технологии виртуальной реальности: гибкость, интерактивность и иммер-



Рис. 5. Пример организации класса для тренажера «Имитатор эксплуатации и освоения нефтяных и газовых скважин AMT-601 учебный класс» от AMT (AMT – Trenazher, 2024)

Fig. 5. Example of class organization for the simulator “Simulator of operation and development of oil and gas wells AMT-601 training class” from AMT (AMT – Trenazher, 2024)

сивность. Однако анализ существующих тренажеров показал и недостатки: упрощение скриптов для взаимодействия с оборудованием, а также невозможность запуска тренажера только через VR-очки. Следовательно, при разработке собственного обучающего решения необходимо учесть данные недостатки и преодолеть соответствующие трудности.

Разработка VR-тренажера «Метаместорождение»

В данном разделе представлены принципы разработки эффективного VR-тренажера для отработки навыков работы с нефтяными сооружениями на месторождении. Принципы были сформулированы исходя из анализа аналогичных проектов, учитывая их преимущества и недостатки.

1. Возможность расширяемости проекта

На стадии планирования был заложен один из основных принципов разработки: возможность развития и расширения полученного продукта. Это позволит в будущем

адаптировать проект под новые реалии, добавить новые тренажеры, а также ускорить процесс создания комплекса «Метаместорождение».

Основным решением по расширяемости проекта было использование в разработке префабов (Rukovodstvo Unity – Prefaby (Prefabs), 2024) – шаблонов для объектов в игровом движке Unity. Создав «образец» объекта с заданными характеристиками, его можно дублировать по всей сцене. При изменении «образца» все объекты, созданные на его основе, автоматически изменяются. Таким образом, все повторяющиеся элементы в тренажере, такие как вентили, манометры и гайки, были созданы на основе префабов. Это решение не только оптимизировало процесс разработки, но и упростило добавление новых технологических установок в проект.

Еще одно решение, которое влияет на возможность доработки и расширения проекта, – это оптимизация процесса передачи информации внутри тренажера. Так, вместо того, чтобы хранить информацию

о работе скважины целиком, была разработана нодовая система (рис. 6, 7), где информация о движении нефти передается через

затвора на скважине с УЭЦН (установка электроприводного центробежного насоса) и газовой скважине. Скважины состоят

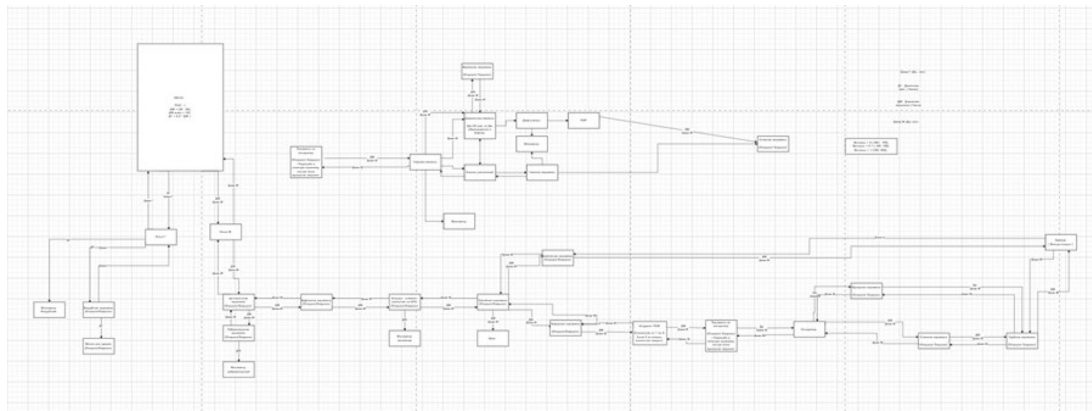


Рис. 6. Схема нодовой системы для скважины с УЭЦН (установка электроприводного центробежного насоса)

Fig. 6. Diagram of the node system for a well with an ESP (Installation of an electric centrifugal pump)

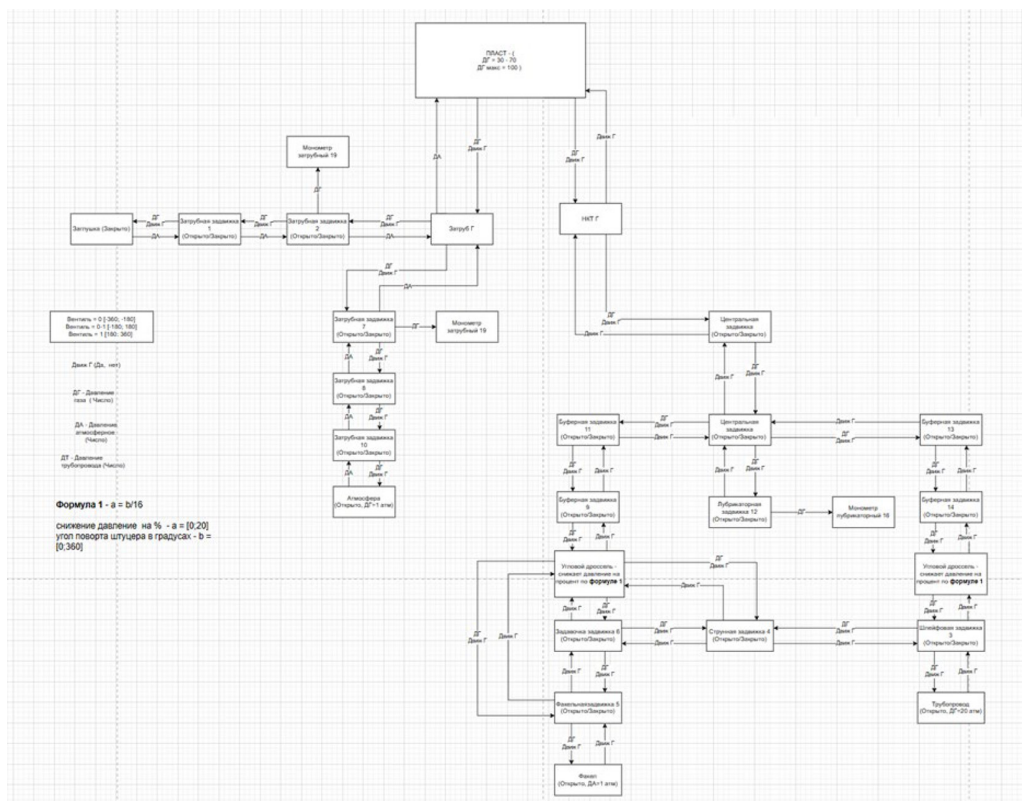


Рис. 7. Схема нодовой системы для газовой скважины

Fig. 7. Diagram of the node system for a gas well

из множества блоков, многие из которых имеют общие характеристики, поэтому было решено разработать модули для похожих элементов. Эти модули затем интегрировались в единую конструкцию, обеспечивая корректную и согласованную работу всей системы в целом. Таким образом, если каждый элемент сооружения функционирует правильно, то и вся система будет работать безошибочно.

Данное решение не только значительно оптимизирует процесс разработки, а также позволяет достичь высокой степени реалистичности тренажера, поскольку nodовая система в точности воспроизводит поведение скважины и соответствующие реальным условиям эксплуатации показания давления.

2. Возможность использования тренажера только через VR-очки

Как отмечено ранее, многие виртуальные тренажеры, предназначенные для подготовки кадров в нефтегазовой области (PROMVR TEKhnICHESKIE TREBOVANIYa, 2024; SimLAB – Trenazher, 2024; AMT – Trenazher, 2024), требуют подключения VR-очков к компьютеру или использования только через компьютер. Это делает развертывание тренажера более дорогостоящим и ограничивает мобильность обучающихся. Создание тренажера, который может быть использован только с VR-очками, требует от проекта качественных решений по оптимизации на этапе разработки, в том числе по упрощению всех используемых 3D-моделей с сохранением высокой реалистичности. С учетом явных преимуществ использования только VR-очков в тренажере «Метаместорождение» было принято решение добавить такую возможность.

3. Эффективная оптимизация тренажера

Решение о возможности запуска тренажера только через VR-очки требует особого внимания к оптимизации проекта в процессе разработки.

Было решено не использовать функцию Update в разрабатываемом программ-

ном коде. Update – это функция, которая вызывается перед визуализацией каждого кадра. Так, если частота кадров составляет 60 FPS, Update будет выполняться 60 раз в секунду. Это нужно для того, чтобы проверить выполнение какого-либо действия пользователем. Однако, несмотря на удобность и частоту применения данной функции, ее использование может привести к потере производительности (Rukovodstvo Unity – 10 000 vyzovov Update, 2024), что может быть критично для запуска тренажера на VR-очках.

Для снижения нагрузки на видеокарту VR-очков было принято решение создать оптимизированную систему отображения объектов в сцене. Система работает на принципе включения и отключения загрузки моделей в зависимости от их положения относительно пользователя. У каждого объекта была продумана зона, при вхождении в которую начинается его загрузка. Данные невидимые «границы» были реализованы с помощью компонента «Коллайдер» в Unity (Rukovodstvo Unity – Kollaidery (Colliders), 2024). Использование коллайдеров позволяет точно определять, когда пользователь не видит определенные модели. Например, когда пользователь входит в автоматизированную газозамерную установку (далее – АГЗУ), все объекты снаружи автоматически отключаются от загрузки. При этом продолжается симуляция работы скважины, обеспечивая реалистичность тренажера. Когда пользователь выходит из АГЗУ и отдаляется на определенное расстояние, дверь автоматически закрывается, а объекты внутри АГЗУ также не загружаются. Этот подход предотвращает отключение объектов в поле зрения пользователя, что могло бы нарушить погружение в виртуальную среду.

Такая система оптимизации отображения моделей обеспечивает более плавное и качественное взаимодействие пользователя с VR-средой, уменьшая нагрузку на аппаратные ресурсы и повышая общую производительность тренажера. Это важный аспект разработки, который напрямую влияет на удобство и эффективность обучения.

4. Создание разных режимов использования тренажера: обучение и аттестация

Для эффективного обучения пользователей в тренажере существует три режима работы: режим ознакомления с VR, режим обучения на тренажерах и режим аттестации.

Режим ознакомления с VR предназначен для того, чтобы адаптировать пользователя к новому формату обучения. На данном этапе происходит обучение управлению контроллерами, базовым механикам и взаимодействиям с объектами на сцене (рис. 8–9).

Следующий режим – режим обучения на конкретном тренажере. Он представляет

собой тренировку для отработки сценариев на месторождении. Сценарий – это последовательность действий, которые должен выполнить пользователь, чтобы успешно справиться с определенной ситуацией на месторождении. Для того чтобы перейти к обучению на месторождении, пользователь сначала выбирает тренажер, на котором будет проходить тренировку (рис. 10).

Далее требуется выбрать сценарий, а затем режим «Обучение» (рис. 11, 12).

После того как пользователь выбрал сценарий для обучения, он попадает в сцену и начинает выполнение задач. В режиме обучения есть экраны с подсказками, голограммы положения рук и ключей (рис. 13



Рис. 8. Ознакомление с VR перед использованием тренажеров
Fig. 8. Introduction to VR before using simulators



Рис. 9. Обучение захвату объектов в VR перед использованием тренажеров
Fig. 9. Learning to capture objects in VR before using simulators

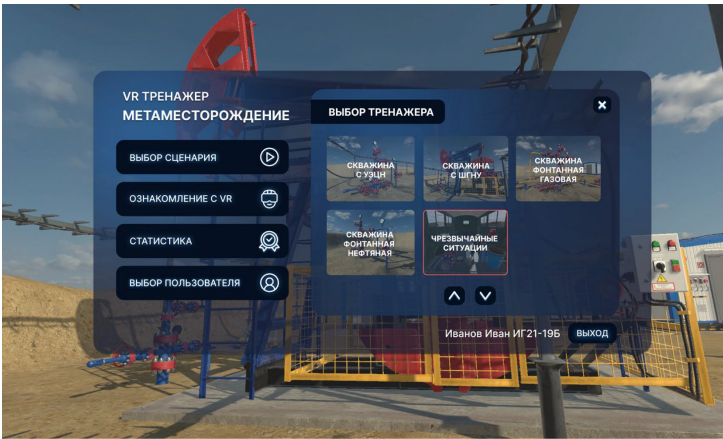


Рис. 10. Выбор тренажера в меню
Fig. 10. Selecting the simulator in the menu

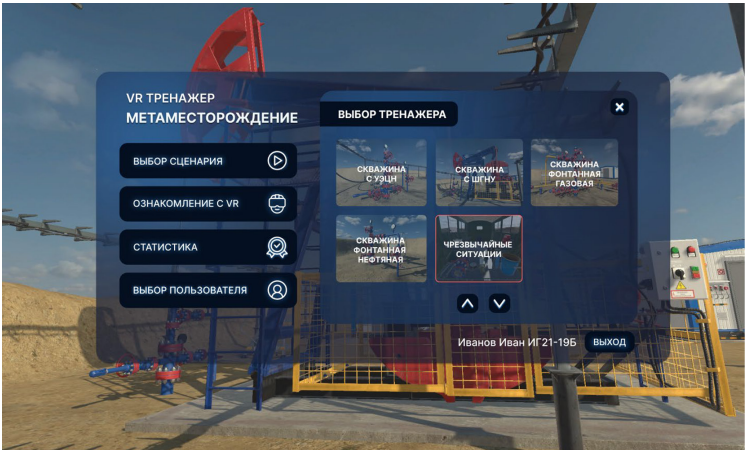


Рис. 11. Выбор сценария в меню
Fig. 11. Selecting a script in the menu

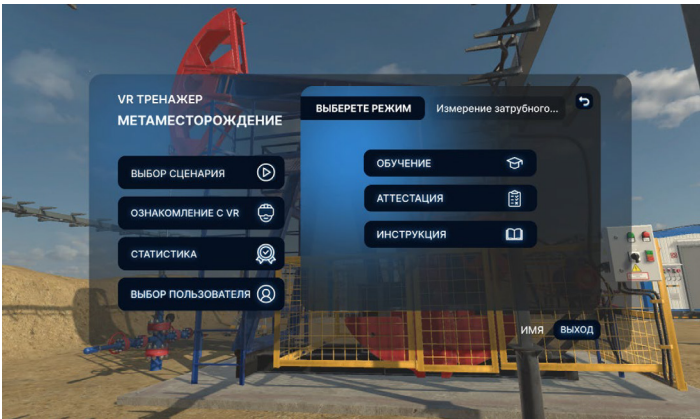


Рис. 12. Выбор режима для сценария в меню
Fig. 12. Selecting the mode for the script in the menu



Рис. 13. Подсказки для пользователя в режиме обучения
Fig. 13. Hints for the user in the learning mode

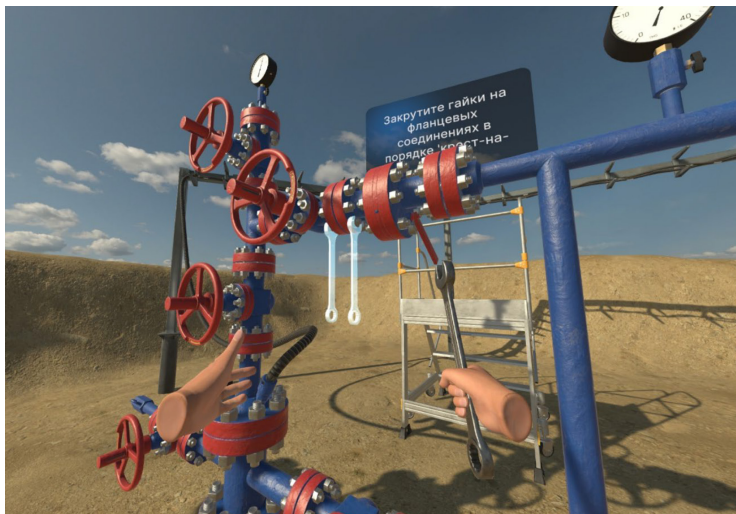


Рис. 14. Голограммы ключей для пользователя в режиме обучения
Fig. 14. Holograms of keys for the user in the learning mode

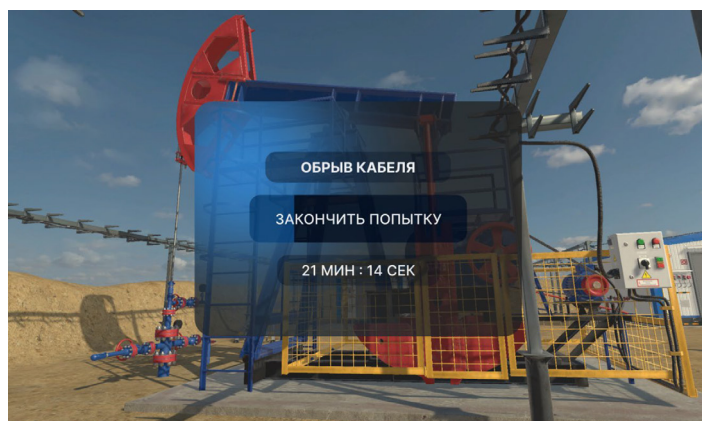


Рис. 15. Окно для завершения сценария в режиме «Обучение»
Fig. 15. The window for completing the scenario in the "Training" mode

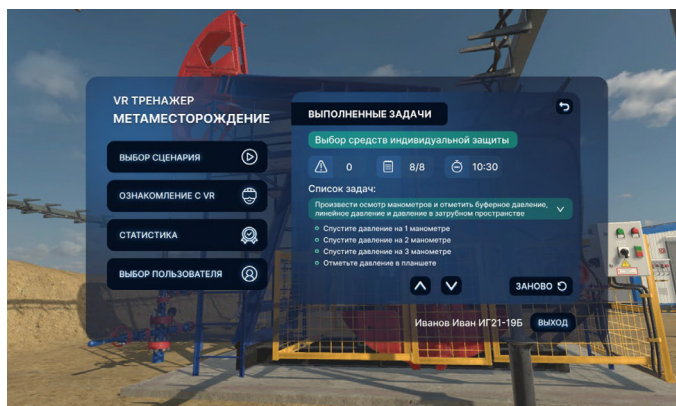


Рис. 16. Окно подробной статистики пользователя после завершения сценария в режиме «Аттестация»

Fig. 16. Detailed statistics window for the user after completing the script in the "Certification" mode

и 14). В конце сценария пользователю будет показано время его выполнения. Затем пользователь сможет либо продолжить работу на сцене, либо завершить сценарий с текущими результатами (рис. 15).

Таким образом, режим обучения на тренажерах позволяет пользователю отработать последовательность действий при выполнении сценария на месторождении, обучиться правильной технике выполнения различных механик с технологическими установками благодаря обучающим экранам и голограммам.

В отличие от режима обучения, в режиме аттестации пользователю не доступны экраны с подсказками и голограммы. Также пользователь никак не ограничен: в сцене можно взаимодействовать со всеми объектами. Это позволяет более эффективно обучаться, поскольку мы избегаем «подсказывания»: с чем можно взаимодействовать, а с чем нет. После завершения сценария в режиме аттестации пользователю будет выведена подробная статистика о выполненных действиях, задачах, ошибках, а также времени прохождения сценария (рис. 16).

5. Создание системы звуков и вибрационных эффектов

В VR-тренажере «Метасторождение» для достижения иммерсивности были добавлены различные звуковые и вибра-

ционные эффекты. Вибрации нужны для имитации усилия при вращении и нажатии, что усиливает эффект погружения у пользователя.

6. Обеспечение реалистичного взаимодействия пользователя с технологическими установками

Как было сказано ранее, частая проблема подобных тренажеров заключается в том, что взаимодействие с объектами возможно только по определенному образцу (скрипту) и в правильной последовательности действий. Решить данную проблему требовалось еще на этапе проработки системы. Было решено изначально создать симуляцию тренажеров, на которую позже накладывалась бы система обучения. Таким образом, объекты в VR-тренажере «Метасторождение» существуют сами по себе, и взаимодействие с ними можно построить любым образом. Данное решение позволило сделать режим «Аттестация» эффективным для обучения: пользователь полностью свободен в своих действиях и может взаимодействовать с тренажерами как «правильным», так и «неправильным» образом.

Также было решено отказаться от использования триггеров, как в примерах, описанных ранее. В VR-тренажере «Метасторождение» для достижения высокой степени иммерсивности пользователь вы-

полняет такие действия, как «откручивание гаек» или «поворот вентиля» самостоятельно, имитируя руками движения, как при использовании реальных объектов.

7. Реализация системы

пользователей и статистики

Система обучения и аттестации в VR-тренажёре собирает статистику пользователя: количество ошибок, выполненных задач, а также время выполнения сценария. Эта информация поможет пользователям увидеть области, требующие дополнительного внимания и улучшения (рис. 17, 18).

Для обеспечения точности и персонализации статистики были созданы локальные учетные записи (рис. 19). При входе в приложение у пользователя отображается экран авторизации, где он может войти в свою учетную запись или выбрать режим гостя. В гостевом режиме статистика является общей для всех, кто использует этот

режим, что может быть полезно для кратковременных или ознакомительных сессий.

Между обучающимися доступно переключение через кнопку «Сменить пользователя» в меню. Это позволяет различным людям легко переключаться между учетными записями без необходимости выходить из приложения, делая использование тренажёра более гибким и удобным.

Такой подход к управлению учетными записями и статистикой значительно повышает ценность тренажёра как инструмента для обучения и самооценки. Он позволяет пользователям лучше понимать свои достижения и области для улучшения, а также обеспечивает организаторам обучения ценные данные для мониторинга прогресса и эффективности программы обучения.

Заключение

Многие исследования говорят о высоком потенциале виртуальной реальности для обучения (Fitrianto, Saif, 2024; Cabrera et

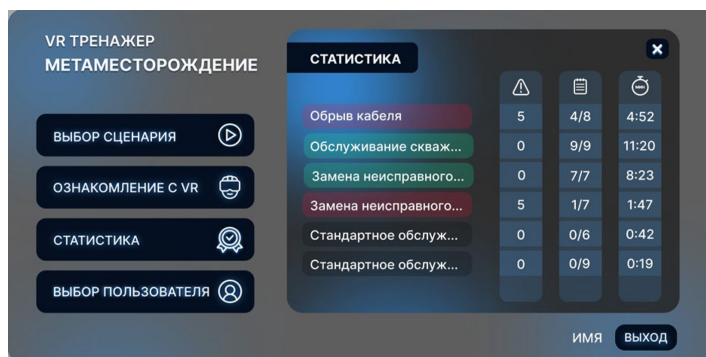


Рис. 17. Экран с краткой статистикой пользователя

Fig. 17. A screen with brief user statistics

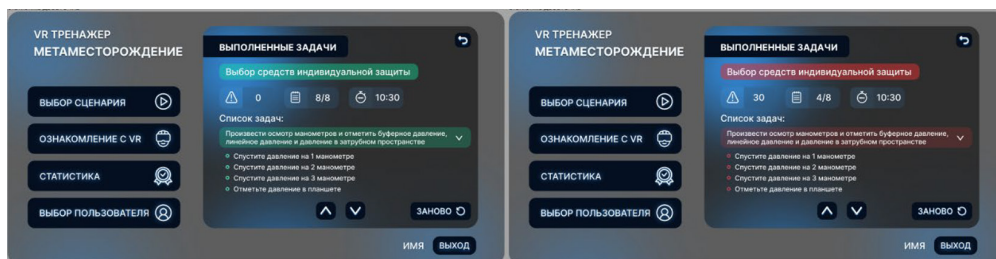


Рис. 18. Экраны с подробной статистикой пользователя

Fig. 18. Screens with detailed user statistics

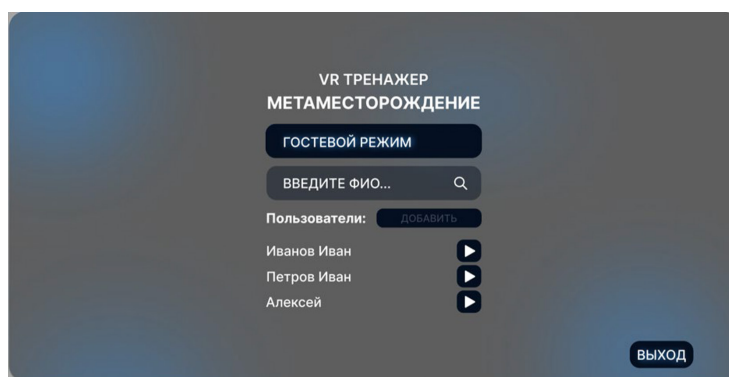


Рис. 19. Экран с возможностью авторизации, входа пользователя, а также выбора режима «Гость»
Fig. 19. Screen with the possibility of authorization, user login, as well as the choice of the “Guest” mode

al., 2019). При этом использование VR-технологий в нефтегазовой отрасли обеспечивает не только эффективное обучение, но и безопасность пользователей, а также снижает затраты на подготовку кадров к работе на месторождении. Нефтегазовые компании вкладывают ресурсы в создание виртуальных тренажеров (Aiken et al., 2024), что показывает заинтересованность отрасли в таком виде обучения сотрудников.

В данной статье был проанализирован рынок существующих виртуальных тренажеров для подготовки работников нефтегазовой отрасли. Было выявлено, что виртуальные тренажеры обладают интерактивностью, гибкостью, вызывают интерес у пользователей и успешно используются для обучения кадров. Однако для создания собственного конкурентного и эффективного обучающего решения был проведен анализ недостатков у таких тренажеров. Мы отметили, что многие тренажеры направлены на заучивание порядка действий на месторождении, а момент отработки навыков работы с технологическими установками упускается. Например, такие действия, как «закручивание гаск», «закрытие и открытие вентилей», выполняются автоматически, без непосредственного участия пользователя. Это дает неполное понимание работы с установками и уменьшает эффект погружения у обучающегося. Также было обнаружено, что многие виртуальные тренажеры (PROMVR TEKhNICHESKIE

TREBOVANIYa, 2024; SimLAB – Trenazher, 2024; AMT – Trenazher, 2024) требуют подключения VR-очков к компьютеру или используются только через компьютер, что делает их развертку более дорогостоящей и ограничивает мобильность обучающихся. Обнаруженные проблемы напрямую влияют на эффективность обучения.

С учетом анализа рынка и прошлого опыта разработки (Astrashabov i dr., 2023) были сформулированы принципы для создания эффективного VR-тренажера:

- возможность расширяемости проекта;
- возможность использования тренажера только через VR-очки;
- эффективная оптимизация тренажера;
- создание разных режимов использования тренажера: обучение и аттестация;
- создание системы звуков и вибрационных эффектов;
- обеспечение реалистичного взаимодействия пользователя с технологическими установками;
- реализация системы пользователей и статистики.

Таким образом, созданный по данным принципам VR-тренажер «Метаместорождение» представляет собой эффективное обучающее решение, разработанное специально для подготовки кадров в нефтегазовой отрасли. Тренажер обеспечивает высокую степень погружения и использует

реалистичные механики взаимодействия с тренажерами, такие как закручивание гаек и вентилей. При этом VR-тренажер «Метаместорождение» оптимизирован

под использование только на VR-очках без необходимости подключения к ПК, что обеспечивает мобильность и доступность платформы.

Список литературы / References

- Abichandani P. et al. Solar energy education through a cloud-based desktop virtual reality system. In: *Ieee Access*, 2019, 7, 147081–147093.
- Aiken W. et al. Strategic Digitalization in Oil and Gas: A Case Study on Mixed Reality and Digital Twins. In: *IEEE Access*, 2024.
- Astrashabov A. E. i dr. Razrabotka trenazhera virtual'noi real'nosti polucheniya prakticheskikh navykov remonta i razbora fontannoi armatury. In: *Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Gumanitarnye nauki*, 2023, 16(3), 481–493.
- Brown K. M. et al. Integrating virtual simulation into nursing education: A roadmap. In: *Clinical Simulation in Nursing*, 2022, 72, 21–29.
- Cabrera M. V. L. et al. Assessing the effectiveness of teaching anatomy with virtual reality. In: *Proceedings of the 11th International Conference on Education Technology and Computers*, 2019, 43–46.
- Chun W. et al. Development of emergency drills system for petrochemical plants based on WebVR. In: *Procedia Environmental Sciences*, 2011, 10, 313–318.
- de Oliveira Matias J. C., Devezas T. C. Consumption dynamics of primary-energy sources: The century of alternative energies. In: *Applied Energy*, 2007, 84(7–8), 763–770.
- District Zero Keisy. Gazprom-NEFT". Available at: <https://district0.com/cases/> (accessed 7 October 2024).
- Fitrianto I., Saif A. The Role of Virtual Reality in Enhancing Experiential Learning: A Comparative Study of Traditional and Immersive Learning Environments. In: *International Journal of Post Axial: Futuristic Teaching and Learning*, 2024, 97–110.
- Hubbold R., Keates M. Real-Time Simulation of a Stretcher Evacuation in a Large-Scale Virtual Environment. In: *Computer Graphics Forum*. Oxford, UK and Boston, USA: Blackwell Publishers, 2000, 19(2), 123–134.
- Izard S. G. et al. Virtual reality as an educational and training tool for medicine. In: *Journal of medical systems*, 2018, 42, 1–5.
- Kornilov Yu. V. Immersivnyi podkhod v obrazovanii. In: *Azimut nauchnykh issledovaniy: pedagogika i psikhologiya*, 2019, 8, 1(26), 174–178.
- Lehmann R. et al. Improving pediatric basic life support performance through blended learning with web-based virtual patients: randomized controlled trial. In: *Journal of medical Internet research*, 2015, 17(7), e4141.
- O'Connor P., Flin R. Crew resource management training for offshore oil production teams. In: *Safety Science*, 2003, 41(7), 591–609.
- Oil Rig IVLE by LITE. Available at <https://chusoftware.com/portfolio/oil-rig-ivle/> (accessed 7 October 2024).
- Phillips J. M., Harper M. G., DeVon H. A. Virtual reality and screen-based simulation learner outcomes using kirkpatrick's evaluation levels: An integrative review. In: *Clinical Simulation in Nursing*, 2023, 79, 49–60.
- PROMVR TEKhNICHESKIE TREBOVANIYa Available at <https://promvr.net/technical> (accessed 7 October 2024).
- Rukovodstvo Unity – 10000 vyzovov Update. Available at <https://unity.com/ru/blog/engine-platform/10000-update-calls> (accessed 7 October 2024).
- Rukovodstvo Unity – Kollaidery (Colliders). Available at <https://docs.unity3d.com/ru/530/Manual/CollidersOverview.html> (accessed 7 October 2024).

Rukovodstvo Unity – Prefaby (Prefabs). Available at <https://docs.unity3d.com/ru/530/Manual/Prefabs.html> (accessed 7 October 2024).

SanPiN 2.4.2.2821–10 “Sanitarno-epidemiologicheskie trebovaniya k usloviyam i organizatsii obucheniya v obshcheobrazovatel’nykh uchrezhdeniyakh”. Punkt 4.9. Available at <https://rg.ru/documents/2011/03/16/sanpin-dok.html> (accessed 7 October 2024).

Savin I. A., Baten’kina O. V. Napisanie skriptov dlya trekhmernogo graficheskogo dvizhka. In: *Vizual’naya kul’tura: dizain, reklama, informatsionnye tekhnologii*, 2014, 91–95.

SimLAB – Trenazher «Avtomatizirovannoe rabochee mesto operatora po upravleniyu sistemami upravleniya protsessami dobychi nefti i gaza na nefte dobyvayushchei platforme (ARM SU NDP)». Available at https://sim-lab.ru/ru/product/NDP_simulator (accessed 7 October 2024).

Sircar A. et al. Application of machine learning and artificial intelligence in oil and gas industry. In: *Petroleum Research*, 2021, 6(4), 379–391.

Sklyarevskaya G. N. i dr. Slovar’ russkogo yazyka XXI veka. Proekt slovary. In: *Journal of applied linguistics and lexicography*, 2019, 1(1), 136–311.

Turner S. et al. Lessons from implementing virtual simulations: A multi-program evaluation. In: *Clinical Simulation in Nursing*, 2023, 74, 57–64.

VIrtualMeeting, Case Study #1 Simulation Based Training. Available at <https://eonreality.com/category/simulation-based-learning/> (accessed 7 October 2024).

Wijkmark C. H. *Virtual Reality for Fire and Rescue Service professionals’ training*, 2024.

AMT – Trenazher – imitator ekspluatatsii i osvoeniya neftyanykh i gazovykh skvazhin AMT-601 uchebnyi klass. Available at <https://amt-s.spb.ru/amt601uk.shtml> (accessed 7 October 2024).