

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
ЮГОРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Институт цифровой экономики (ИЦЭ)

Направление подготовки: 09.03.01 «Информатика и вычислительная
техника»

Профиль подготовки: «Информатика и вычислительная техника»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

На тему: «Разработка тренажера виртуальной реальности "Замена обратного
клапана на фонтанной арматуре"»

Студент гр. 11716
Синягин Александр Дмитриевич

(подпись)

Научный руководитель
Доцент ИЦЭ, к.ф.-м.н.
Сафонов Егор Иванович

(подпись)

Нормоконтролер,
Доцент ИЦЭ, к.т.н.
Самарин Валерий Анатольевич

(подпись)

Допустить к защите
Руководитель образовательной программы,
Доцент ИЦЭ, к.т.н.
Самарин Валерий Анатольевич
«__» _____ 2021 г.

(подпись)

г. Ханты-Мансийск

2021 г.

Оглавление

Введение.....	4
1. Обзор предметной области и анализ средств разработки	7
1.1. Краткий обзор устройства фонтанной арматуры.....	7
1.2. Анализ этапов замены обратного клапана	9
1.3. Анализ оборудования виртуальной реальности.....	15
1.3.1. Проводные шлема виртуальной реальности	15
1.3.2. Мобильные шлема виртуальной реальности.....	18
1.3.3. Автономные (Беспроводные) шлема виртуальной реальности.....	20
1.3.4. Выбор наилучшего оборудования	23
1.3.5. Дополнительные внешние модули для VR.....	25
1.4. Анализ средств разработки виртуальной реальности.....	27
1.5. Выбор программного обеспечения для моделирования 3д-объектов.	32
1.6. Обзор аналогов тренажеров виртуальной реальности	35
2. Разработка тренажера виртуальной реальности.....	39
2.1. Постановка задачи	39
2.1.1. Цель и назначение тренажера виртуальной реальности	39
2.1.2. Разработка алгоритма работы VR тренажера.....	39
2.2. Разработка и моделирование объектов нефтяного месторождения....	42
2.2.1. Стартовая комната.....	42
2.2.2. Нефтяное месторождение.....	44
2.2.3. Моделирование 3D-объектов	45
2.3. Реализация программных модулей.....	48
2.3.1. Принцип работы модулей в игровом движке Unreal Engine 4.....	48
2.3.2. Реализация модели персонажа	50
2.3.3. Реализация работы контроллеров и управление персонажем	51
2.3.4. Реализация захвата акторов.....	52
2.3.5. Реализация присоединения акторов друг к другу.....	53
2.3.6. Реализация алгоритма последовательности действий.....	53
2.3.7. Реализация алгоритма ЗОК на ФА	56
Заключение	58

Список используемой литературы	59
Приложение А	61
Приложение Б	63
Приложение В	64
Приложение Г	65
Приложение Д	66

Введение

Современные информационные технологии прочно укрепляются в сферах деятельности человека. Это несложно заметить по различным отраслям промышленности, которые активно внедряют их в свои процессы. Отдельный интерес вызывает процесс обучения и периодической аттестация персонала в отраслях, связанных с повышенным риском для здоровья и стоимости обеспечения данного процесса.

Рассмотрим затраты, связанные с вышеописанным процессом для газонефтедобывающей отрасли. Частичная остановка производства на период обучения, транспортировка персонала до нефтяного месторождения, выдача каждому нового комплекта средств индивидуальной защиты, организация условий проживания и питания – все это очень большие экономические затраты, особенно сейчас, в период пандемии Covid-19.

Одна только транспортировка персонала до нефтяного месторождения влечет за собой дополнительные расходы в виде сдачи теста на антитела, при этом не одного. Необходимо сдать тест перед отъездом в город, рядом с которым расположено месторождение, сдать тест по приезду в этот город, при этом необходимо обеспечить сотрудника питанием и проживанием в период трансферного окна, поскольку результаты теста приходит через 1-2 дня, после чего сотрудника можно отправлять на само месторождение, где при исключительных случаях тоже делают тест на антитела. Стоимость средств индивидуальной защиты так же значительно возрастает, поскольку необходимо обеспечить сотрудника всем необходимым медицинским оборудованием на весь период прибывания на месторождении. Условия проживания и питания в эпидемиологическую обстановку должно учитывать все установленные нормы социальной дистанции, что увеличивает расходы на те же жилые балки и столовое пространство. Существует и ряд других

факторов, увеличивающий все эти затраты, что в совокупности дает очень и даже очень большие расходы для компании.

Благодаря технологиям виртуальной реальности есть возможность разработать тренажер, который позволит снизить расходы на обучение и периодическую аттестацию персонала.

Тренажер виртуальной реальности позволит смоделировать почти любой технологический процесс без частичной остановки производства, а самое главное без значительных денежных и временных затрат на транспортировку персонала к месту обучения или аттестации.

Тренажер виртуальной реальности – это организационная форма обучения, отличающаяся от физического процесса виртуальным отображением реально существующих объектов (технологические установки, инструменты, производственные цеха и др.) с целью создания условий для самостоятельного наблюдения, а также сбора необходимых фактов. Главное достоинство таких тренажеров – значительная экономия денежных средств для компании, а также свободного времени для обеих сторон: инспекторы, проводящие обучение технологическому процессу и сотрудники, являющимися непосредственно обучающимися. А с учетом того, что виртуальная реальность позволит нам испытать эффект погружения и прочувствовать моделируемый процесс на себе, можно сказать, что тренажер с использованием виртуальной среды будет максимально приближен к реальному процессу обучения и позволит освоить базовые операции, которые используются в реальной жизни.

В настоящее время тренажеры виртуальной реальности набирают все большую и большую популярность, и становятся неотъемлемой технической составляющей многих компаний, работающих в самых различных областях деятельности. Всё больше и больше людей начинают пользоваться данным продуктом. Так, например, МГУ совместно с Центром подготовки космонавтов (ЦПК) им. Гагарина, усовершенствовали методы управления аэрокосмическими

тренажерами с помощью современных систем виртуальной реальности (VR-систем), это позволит сделать полеты безопаснее, а также значительно сократить затраты на подготовку летчиков.

Объект исследования: Обучение сотрудников стандартным операционным процедурам на месторождении

Предмет исследования: Стандартная операционная процедура «Замена обратного клапана на фонтанной арматуре»

Цель выпускной квалификационной работы: Разработка тренажера виртуальной реальности "Замена обратного клапана на фонтанной арматуре"

Задачи:

- проанализировать этапы стандартной процедуры по замене обратного клапана;
- анализ и выбор программных средств для разработки VR-тренажера;
- реализовать VR-тренажер с использованием выбранных программных средств.

Работа выполнялась в рамках гранта на реализацию инновационных проектов молодых ученых, обладающих потенциалом коммерциализации, ФГБОУ ВО "ЮГУ".

Результаты работы были представлены на ежегодной выставке «ВУЗПРОМЭКСПО 2020»

Результаты работы принимали участие в ежегодной программе «УМНИК 2020»

1. Обзор предметной области и анализ средств разработки

1.1. Краткий обзор устройства фонтанной арматуры

Фонтанная арматура (ФА) является одним из важнейших устройств в нефтегазовой отрасли [1]. Она монтируется на устье фонтанирующей скважины и своей конструкцией обеспечивает типовую обвязку трубопроводов, что позволяет управлять потоком среды в скважине и осуществлять основные контролирующие и производственные процессы (Рис 1.1).

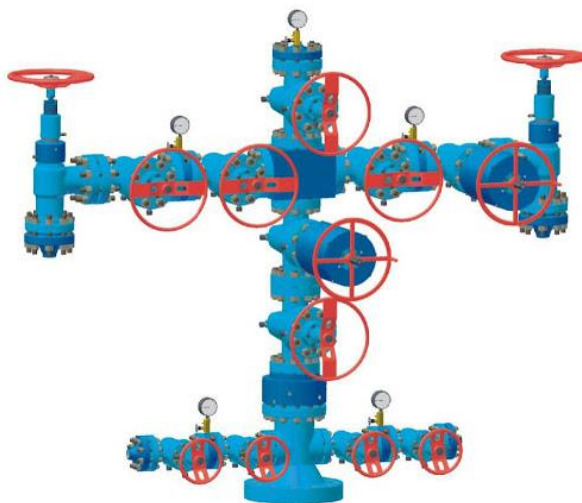


Рисунок 1.1 – Один из вариантов монтирования фонтанной арматуры

Основными назначениями установки являются:

- Герметизация нефтяной скважины;
- Формирования отвода продукции;
- Регулировка скважинного дебита;
- Доступ к забою скважины;
- Манипуляции в затрубном пространстве (проведение операции по забору проб из месторождения без остановки производства).

Такой обширный спектр назначений достигается за счет сложной конструкции фонтанной арматуры (Рис. 1.2):

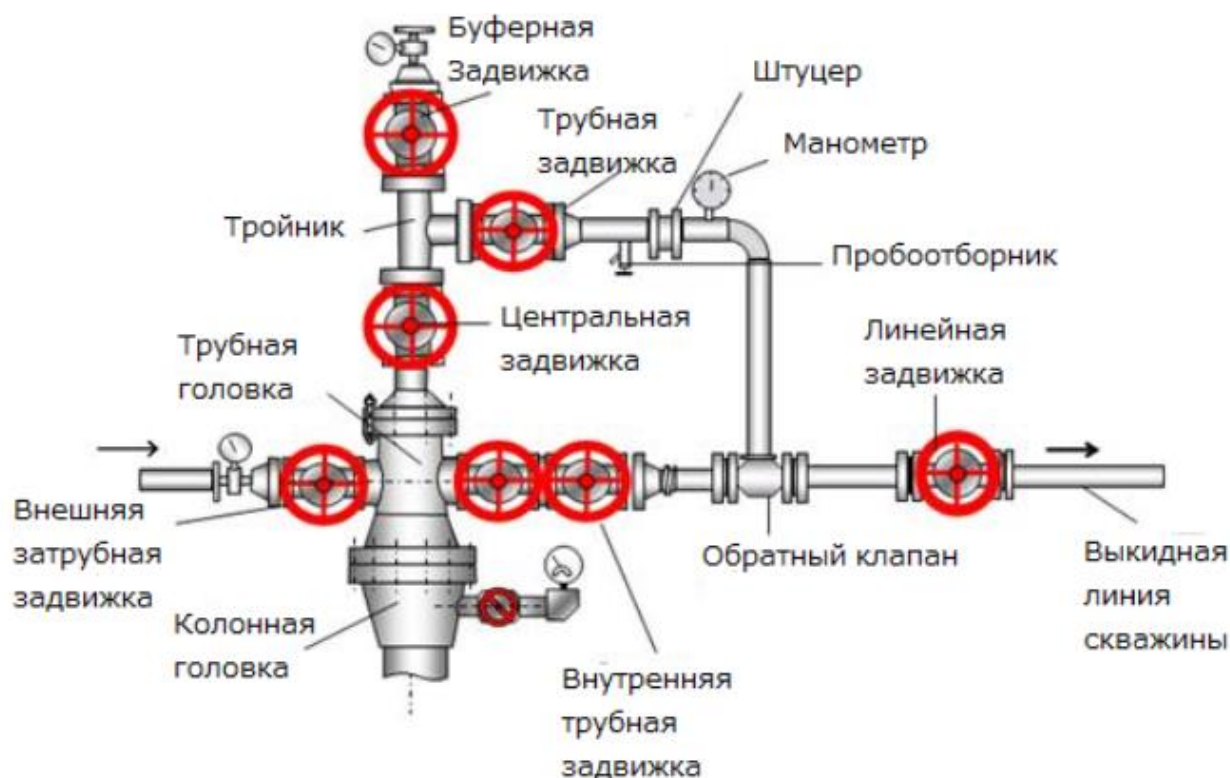


Рисунок 1.2 – Схематичное устройство фонтанной арматуры

- Задвижки позволяют контролировать скорость движения сырья;
- Манометр измеряет давление газа или жидкости внутри системы;
- Штуцер (Штуцерный манифольд) — обеспечивает перераспределение или смешения потока газа или жидкости между трубами;
- Прободоотборник позволяет брать пробу добываемого сырья без остановки производства;
- Трубная и колонная головки обеспечивают герметизацию трубопровода и позволяют контролировать давление в трубах;
- Обратный клапан защищает трубопровод от возникновения обратного движения добываемого сырья под действием встречного давления.

Но, как и любые другие установки в нашем мире, фонтанная арматура не может постоянно работать автономно. Детали медленно изнашиваются и

требуют периодического обслуживания или замены. Комплекс мероприятий, связанных с обслуживанием установки, получил название «Стандартные операционные процедуры» (СОП) на нефтяном месторождении.

Одной из такой операций является замена обратного клапана (ЗОК), поскольку он подвергается наибольшему изнашиванию под воздействием песка, выносимого вместе с нефтью или газом из добываемой скважины.

1.2. Анализ этапов замены обратного клапана

Операция замены обратного клапана на фонтанной арматуре состоит из утвержденной стандартом последовательности действий, которая обеспечивает максимально возможную безопасность для сотрудника, осуществляющего замену, для других лиц, работающих на месторождении, для самой добывающей установки. Предоставленный «ООО «ГПН-Хантос» Подразделение: УДНГ ЦДНГ-2 КП: Стандартная операционная процедура «Замена обратного клапана на фонтанной арматуре»» документ содержит все необходимые этапы, которые формируют всю последовательность ЗОК на ФА. Данный документ вынесен в приложение. (Рис. А.1, см. Приложение А).

Последовательность действий, которая требуется для выполнения замены включает в себя 20 этапов, кратко рассмотрим всю процедуру замены обратного клапана и обратим внимание на некоторые опасные моменты, которые могут возникнуть на определенных этапах.

Этапы 1-5:

Связаны с безопасностью перед началом работ на месторождении. Необходимо убедиться в отсутствии любых, возможных опасностей. Проверить все оборудование и используемые средства индивидуальной защиты. Вспомнить все шаги, которые необходимо предпринять при возникновении какой-либо опасности.

Если все требования безопасности соблюдены, можно приступать к операции.

Этап 6:

По приезду на месторождение необходимо связаться с технологической службой центра добычи нефти и газа (ЦДНГ) и согласовать остановку добывающей скважины, для выполнения технических работ.

Этап 7:

Произвести кнопочную остановку скважины (Рис. 1.3.1), так же установить табличку, предупреждающую других сотрудников о том, что ведутся технические работы (Рис. 1.3.2). Обратите внимание, что необходимо держаться на поручень при подъеме/спуске по лестнице для обеспечения заземления КТПН, ТМПН, СУ.

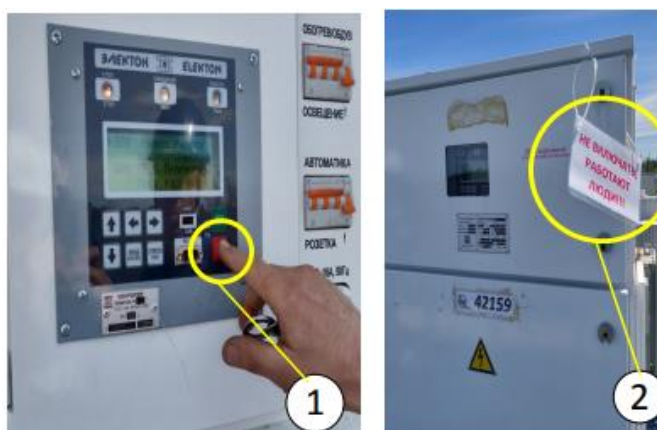


Рисунок 1.3 – Кнопочная остановка добывающей скважины.

Этап 8:

Перед началом проведения технических работ необходимо проверить фонтанную арматуру на герметичность всех соединений и полной укомплектованности.

Этап 9:

Оградить и обозначить место проведения технических работ, убедиться в отсутствии в опасной рабочей зоне посторонних лиц и специальной техники.

Этап 10:

Закреть задвижки, которые расположены на выкидной линии и подводе к месту, где установлен сам обратный клапан (Рис. 1.4.3). Обратите внимание, что после закрытия всех задвижек, необходимо ослабить все штурвалы на $\frac{1}{4}$ оборота.

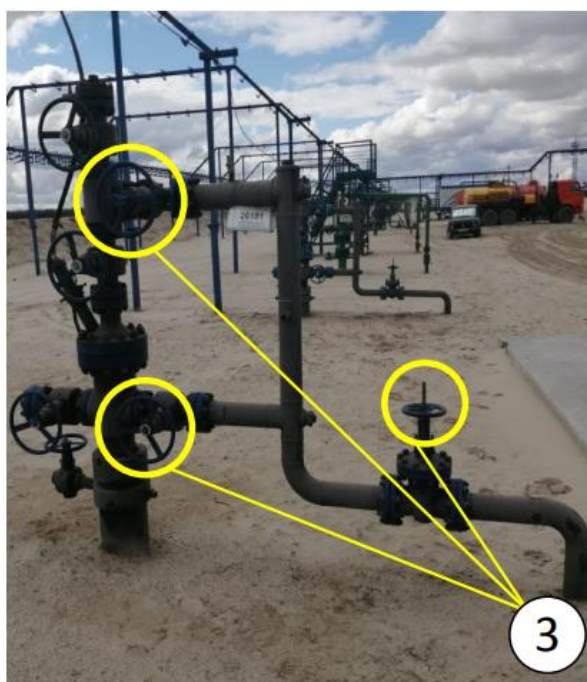


Рисунок 1.4 – Расположение задвижек на ФА, соприкасаемых с обратным клапаном

Этап 11:

Снизить давление в манифольде до атмосферного, используя имеющийся вентиль и пробоотборник, вентиль после этого оставить открытым (Рис. 1.5.4).



Рисунок 1.5. – Пробоотборник на фонтанной арматуре

Этап 12:

Произвести демонтаж обратного клапана выкручиванием против часовой стрелки, используя универсальный разводной ключ (Рис. 1.6.5). Обратить внимание на то, что возможен вылет клапана под сильным давлением, не находиться в опасной зоне по траектории возможного движения.



Рисунок 1.6 – Демонтаж обратного клапана

Этап 13:

Подготовить новый обратный клапан для установки в фонтанную арматуру, обмотать резьбу фумлентой (Рис 1.7.6) и установить пластиковую

прокладку (Рис. 1.7.7). Обратите внимание на целостность прокладки, возможны пропуски.

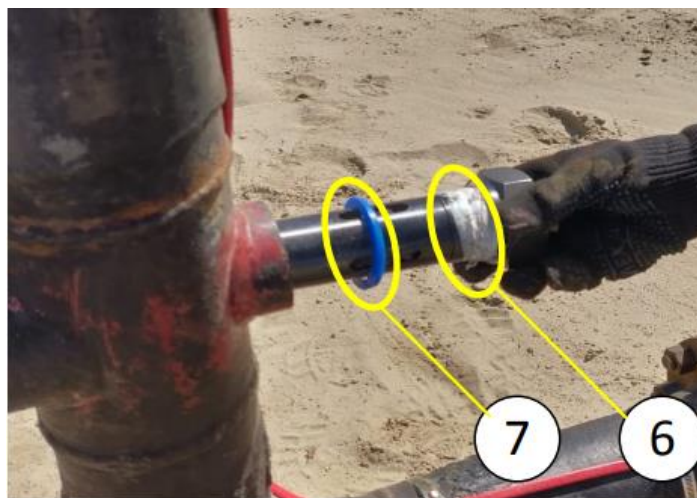


Рисунок 1.7 – Подготовка к установке нового обратного клапана

Этап 14:

Произвести монтаж обратного клапана путем вкручивания его по часовой стрелке, используя универсальный разводной ключ.

Этап 15:

Убедиться в том, что риска обратного клапана после установки направлена вертикальной вниз (Рис. 1.8.8).



Рисунок 1.8 – Правильная установка нового обратного клапана

Этап 16:

Опрессовать обратный клапан путем открытия рабочей задвижки, находящейся перед клапаном (Рис. 1.9).



Рисунок 1.9 – Опрессовка клапана, путем открытия рабочей задвижки

Этап 17:

Открыть все оставшиеся задвижки на фонтанной арматуре и выкидной линии.

Этап 18:

Сообщить диспетчеру центра добычи нефти и газа об успешной замене обратного клапана.

Этап 19:

Убрать ограничения рабочего места и привести его в первоначальный вид.

Этап 20:

Запустить установку (ЭЦН) в работу. Обратить внимание на наличие подачи сырья и отсутствии пропусков по обратному клапану после запуска ЭЦН.

1.3. Анализ оборудования виртуальной реальности

Существует несколько видов приложений виртуальной реальности, которые отличаются между собой принципом работы, потому что нацелены на определенную платформу:

- **Десктопные приложения** – такие программы запускаются на компьютере и транслируются на подключенный по проводу шлем виртуальной реальности;
- **Мобильные приложения** – запускаются на мобильном телефоне, который в свою очередь вставляется в так называемый картон (VR Cardboard), это корпус, выполненный в виде шлема виртуальной реальности, в который устанавливается телефон. Такая конструкция надевается на голову и создается имитация шлема виртуальной реальности;
- **Автономные приложения** – загружаются и запускаются в автономных виртуальных шлемах, которые работают сами по себе и не требуют никаких дополнительных составляющих или источников питания.

Проанализируем каждый вид оборудования виртуальной реальности для выбора минимальной составляющей, которая необходима для реализации тренажера виртуальной реальности.

1.3.1. Проводные шлема виртуальной реальности

Проводные шлема виртуальной реальности работают как дополнительный внешний монитор. Они используют картинку с экрана компьютера, преобразуют и транслируют на свой экран, при этом все вычислительные мощности используются у компьютера, поэтому для работы шлемов этой категории требуется достаточно мощный компьютер или

ноутбук, что уже очень сильно увеличивает стоимость минимальной комплектации оборудования.

Основными представителями этой категории являются:

- HTC Vive Cosmos [3] (Рис. 1.10). Минимальная комплектация включает в себя шлем виртуальной реальности и контроллеры для взаимодействия с виртуальным миром. Стоимость 77 тыс. руб.;



Рисунок 1.10 – Шлем виртуальной реальности HTC Vive Cosmos

- Valve Index [4] (Рис. 1.11). Минимальная комплектация включает в себя шлем виртуальной реальности, контроллеры для взаимодействия с виртуальным миром, а также дополнительные датчики для определения местоположения шлема и контроллеров. Стоимость 144 тыс. руб.;



Рисунок 1.11 – Шлем виртуальной реальности Valve Index

- Oculus Rift S [4] (Рис. 1.12). Минимальная комплектация включает в себя шлем виртуальной реальности и контроллеры для взаимодействия с виртуальным миром. Стоимость 56 тыс. руб.;



Рисунок 1.12 – Шлем виртуальной реальности Oculus Rift S

- HP Reverb G2 VR Headset [5] (Рис. 1.13). Минимальная комплектация включает в себя шлем виртуальной реальности, контроллеры покупаются отдельно. Стоимость 67 тыс. руб. шлем, 18 тыс. руб. контроллеры.;



Рисунок 1.13 - Шлем виртуальной реальности HP Reverb G2 VR Headset

Дополнительно к самому шлему требуется достаточно мощный компьютер или ноутбук. Минимальная стоимость компьютера, который сможет поддерживать шлем виртуальной реальности начинается от 100 тыс. руб., а учитывая текущий ажиотаж на видеокарты и другие компоненты, эта цена может начинаться от 150-200 тыс. руб.

1.3.2. Мобильные шлема виртуальной реальности

Мобильные шлема виртуальной реальности работают как оболочка для мобильного телефона. Они представляют собой конструкцию, куда устанавливается мобильный телефон, на котором запускается приложение. Основной проблемой таких шлемов является то, что нет возможность взаимодействовать с виртуальным миром. Телефоны не поддерживают работу внешних устройств, таких как контроллеры или перчатки. Единственное предназначение мобильных шлемов — это визуализация виртуального мира.

Основными представителями этой категории являются:

- Samsung Gear VR (Рис. 1.14). Минимальная комплектация включает в себя корпус для телефона в виде шлема виртуальной реальности и контроллер перемещения в виртуальном пространстве. Стоимость 5600 руб.;



Рисунок 1.14 – Корпус Samsung Gear VR

- VR Box V2.0 (Рис. 1.15). Минимальная комплектация включает в себя корпус для телефона в виде шлема виртуальной реальности. Стоимость 1900 руб.;



Рисунок 1.15 – Корпус VR Box V2.0

- BOBOVR Z4 (Рис. 1.16). Минимальная комплектация включает в себя корпус для телефона в виде шлема виртуальной реальности. Стоимость 2100 руб.;



Рисунок 1.16 – Корпус BOBOVR Z4

- Самодельный корпус Google VR Cardboard (Рис. 1.17). Минимальная комплектация включает в себя корпус для телефона в виде шлема виртуальной реальности. Стоимость менее 100 руб.;



Рисунок 1.17 – Самодельный корпус Google VR Cardboard

1.3.3. Автономные (Беспроводные) шлема виртуальной реальности

Автономные (Беспроводные) шлема виртуальной реальности работают самостоятельно, без зависимости от компьютера или других источников питания. Такие шлема имеют в себе полноценную операционную систему и все техническое оснащение для обработки графики и каких-либо расчётов. Единственным недостатком таких шлемов является слабая производительность по отношению к компьютерным. Если у компьютерных шлемов качество графики напрямую зависит от вложений в сам компьютер, то в автономных шлемах установлены статические процессоры и видеокарты, которые не изменить. Тем не менее, производительность автономных шлемов позволяет добиться достаточно реалистичного качества графики.

Основными представителями этой категории являются:

- Oculus Quest [6] (Рис. 1.18). Минимальная комплектация включает в себя шлем виртуальной реальности и контроллеры для взаимодействия с виртуальным миром. Стоимость 46 тыс. руб.;



Рисунок 1.18 – Автономный шлем Oculus Quest

- HTC Vive Focus [7] (Рис. 1.19). Минимальная комплектация включает в себя шлем виртуальной реальности и контроллеры для взаимодействия с виртуальным миром. Стоимость 71 тыс. руб.;



Рисунок 1.19 – Автономный шлем HTC Vive Focus

- Pico Neo 2 Eye [8] (Рис. 1.20). Минимальная комплектация включает в себя шлем виртуальной реальности и контроллеры для взаимодействия с виртуальным миром. Стоимость 115 тыс. руб.;



Рисунок 1.20 – Автономный шлем Pico Neo 2 Eye

- Valve Wireless VR System (Рис. 1.21). Минимальная комплектация включает в себя шлем виртуальной реальности, контроллеры для взаимодействия с виртуальным миром, два дополнительных датчика для отслеживания местоположения шлема, а также электрическую подстанцию для связи шлема с другими устройствами. Стоимость 270 тыс. руб. Недоступно в России и имеет ограниченный тираж.;



Рисунок 1.21 – Автономный шлем Valve Wireless VR System

- Oculus Quest 2 [9] (Рис. 1.22). Минимальная комплектация включает в себя шлем виртуальной реальности и контроллеры для взаимодействия с виртуальным миром. Стоимость 26 тыс. руб.



Рисунок 1.22 – Автономный шлем Oculus Quest 2

1.3.4. Выбор наилучшего оборудования

Для решения поставленной задачи невозможно использовать мобильные шлема виртуальной реальности. Тренажер виртуальной реальности подразумевает взаимодействие с объектами в виртуальной среде, чего мобильные шлема позволить не могут.

Проводные шлема из-за своей специфики использования достаточно мощного компьютера являются очень дорогостоящими и проигрывают в этом автономным шлемам, ко всему прочему не совсем удобны в использовании. Для их эксплуатации придется выделять специальное помещение, в котором будет установлен компьютер и подключенный к нему шлем, нет возможность как у автономных шлемов запустить тренажер в любом удобном месте и без дополнительного внешнего оборудования, в дополнении к этому провода, которыми компьютерный шлем будет подключен к компьютеру будут мешаться под ногами и создавать дискомфорт при использовании, что тоже играет не в пользу данных моделей.

Наилучшим выбором, позволяющим добиться экономической эффективности, являются автономные шлема виртуальной реальности. Составим небольшую таблицу, чтобы сравнить производительность и

стоимость доступных на рынке моделей и выбрать наилучший вариант из возможных (Табл. 1.1).

Таблица 1.1 – Характеристики производительности и стоимости автономных шлемов виртуальной реальности

Модель	Цена	Процессор	Оперативная память	Разрешение	Частота,	Время работы	Вес
Oculus Quest	46 тыс.	4 Kryo 280 Gold, 2.45 Гц	4 гб	1440x1600	72 Гц	3-8ч	571г
HTC Vive Focus	71 тыс.	Qualcomm Snapdragon 835 2.45 Гц	4 гб	1440x1600	75 Гц	3-7ч	645г
Pico Neo 2 Eye	115 тыс.	Snapdragon 820 2.2 Гц	4 гб	1500x1500	90 Гц	4-7ч	567г
Oculus Quest 2	26 тыс.	Qualcomm Snapdragon XR2 3.3 Гц	6 гб	1832x1920	90 Гц	5-9ч	503г

Исходя из основных характеристик производительности, можно заметить, что недавно выпустившийся Oculus Quest 2, действительно является прорывной моделью и опережает всех в несколько раз.

Не говоря о доступности цены, стоит отметить, что чем больше разрешение объективов шлема и чем больше частота обновления кадров в шлеме, тем более плавно и более реалистично выглядит картинка, очень важный параметр, поскольку у всех людей разные вестибулярный аппарат и чувство ритма организма, что при более низких разрешениях и частоте может вызывать тошноту, головокружения и другие неприятные побочные эффекты. Вес шлема так же влияет на вышеперечисленные эффекты, поскольку более тяжелые шлемы создают неприятное давление на шею и часть позвоночника, что сокращает сессионное использование шлема из-за усталости.

В совокупности все эти факторы делают шлем Oculus Quest 2 наилучшим выбором, который очень сильно отрывается вперед от всех остальных моделей автономного типа.

1.3.5. Дополнительные внешние модули для VR

Существует так же ряд дополнительных, внешних устройств, которые позволяют отслеживать движения человека и взаимодействовать с виртуальной средой. Этих устройства в совокупности со шлемом позволяют производить достаточно сильное погружение в виртуальное окружение. Среди устройств для взаимодействия с виртуальным окружением, существуют такие, как перчатки виртуальной реальности, отслеживающие движения руки и способные передавать тактильные ощущения (Рис. 1.23).



Рисунок 1.23 – Перчатки виртуальной реальности

Различные датчики, которые позволяют передавать определённый набор чувствительных ощущений тем частям тела, на которые закреплены (Рис. 1.24).

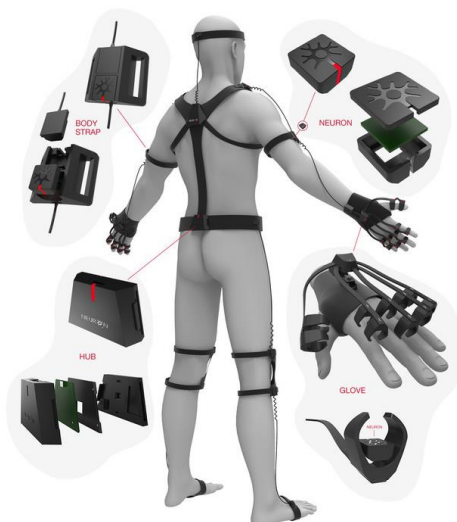


Рисунок 1.24 – Отдельные тактильные датчики

А также полноценные костюмы виртуальной реальности, которые представляют из себя компоновку из огромного количества датчиков, позволяющих передавать тактильное ощущение по всему телу (Рис. 1.25).



Рисунок 1.25 – Костюм виртуальной реальности

Но стоимость такой экипировки очень высока, одни только контроллеры в виде перчаток начинают свою стоимость от 70тыс. руб., и это при том

условии, что они не дадут какого-то значительного эффекта, отличие от простых контроллеров действительно будет, но за такую стоимость оно будет крайне неэффективным, особенно когда целью является экономия бюджета.

Отдельные модульные датчики, а также полноценный костюм виртуальной реальности имеют схожее с перчатками положение, они действительно улучшают эффект погружения в виртуальную среду и позволяют человеку ощутить себя частью виртуального мира, но такие вложения экономически не эффективны, поскольку основной задачей является базовое обучение стандартным операционным процедурам, а не полная симуляция реального процесса, как это позволяют делать, например цифровые двойники.

Подводя небольшой итог, можно сказать, что при желании можно приобрести дополнительную экипировку, она позволит немного точнее приблизиться к реальным физическим процессам, но какого-то серьезного отличия в работу тренажера они не внесут. Дополнительная экипировка возможна, но не обязательна.

1.4. Анализ средств разработки виртуальной реальности

Важность программной среды разработки сопоставима с выбором шлема VR, т.к. от выбора будет зависеть удобство разработки и быстроедействие созданного приложения.

В качестве среды разработки будет рассматривать игровые движки. Во-первых, наше приложение отчасти является игрой, но с обучением практических знаний. Во-вторых, игровые движки является основной средой разработки приложений VR и именно для игровых движков компания Oculus выпускает пресеты.

На сегодняшний день существует множество игровых движков, с помощью которых можно разработать свой собственный проект. Какая-то их часть распространяется бесплатно с некоторыми ограничениями, другие требуют периодически оплачиваемую подписку. Выбор пал на два самых популярных и удобных игровых движка. Разработка для VR очень похожа на разработку видеоигр, поскольку в обоих случаях работа идет с интерактивными 3D-объектами. Разница в том, что для VR необходимо уделить особое внимание эффекту погружения. Управление и перемещение не должно вызывать тошноты, и графическая оптимизация не должна вызывать негативных эффектов.

Большинство разработчиков VR предпочитают использовать игровые движки и с самого начала им приходится выбирать, на чём же работать. Самые популярные движки — Unreal Engine 4 (UE4) и Unity. Оба имеют очень широкие возможности и являются надёжными инструментами. Вокруг обоих сложились активные сообщества с многочисленными информационными ресурсами. Оба движка позволяют управлять 3D-окружением, импортировать собственный контент (3D-модели, изображения, звук, видео), а также программировать интерактивность и геймплей.

Среди разработчиков VR нет общепринятого мнения, что один из этих движков лучше другого. У каждого есть свои особенности. UE4 считается более оптимизированным с точки зрения вычислений, даёт более достоверную картинку, но имеет более крутую кривую обучения. Unity создавался из расчёта, чтобы его возможностей хватало для создания коммерческих игр, но при этом он остаётся более интуитивно понятным и эффективным для начинающих разработчиков. Желательно попробовать оба движка, чтобы понять, какой подходит больше для разработчика, хотя здесь трудно ошибиться, потому что в любом случае будет превосходный и мощный инструмент.

Unity3d [10]- разработан американской компанией Unity Technologies и является межплатформенной средой разработки. Unity работает на операционных системах Microsoft Windows, macOS, Linux. Сама среда (в дальнейшем игровой движок или движок) распространяется по свободно ограниченной лицензии, т.е. как только доход компаний разработавшей приложение в Unity начинает превышать 100 тыс. долларов, она должна выплачивать ежегодно или ежемесячно фиксированную сумму.

Движок поддерживает язык программирования C#. Используются все современные технологии, такие, например, как PhysX или DirectX 11 и 12 версий.

В Unity используется визуальный Drag&Drop интерфейс, т.е. элементы интерфейса или необходимые объекты можно перемещать в любое удобное для пользователя место, используя мышь или комбинации клавиш. Такой вид интерфейса используется в большинстве движков (Рис. 1.27).



Рисунок 1.26 – Интерфейс игрового движка Unity3d

К достоинствам движка можно отнести указанную выше кроссплатформенность. Это позволяет писать приложения для большого числа устройств и операционных систем. А сама среда может быть запущена на трех основных операционных системах.

Модульная система позволяет разрабатывать разные компоненты приложения независимо друг от друга. Такое решение облегчает процесс разработки.

Однако достоинства не существенно перекрывают недостатки данной среды. Unity имеет скромный набор пресетов для разработки VR приложения, что затрудняет процесс разработки. Притом эти пресеты представлены компанией Oculus.

Основным же недостатком является язык программирования, используемый в Unity. Несмотря на относительную простоту написания кода, C# не отличается высокой скоростью вычислений, что сказывается на производительности самого движка, а разработанное приложение чаще всего имеет плохую оптимизацию. Таким образом, подобное приложение, написанное на C++ будет работать намного быстрее и использовать столько же или меньше ресурсов.

Производительность является важнейшим критерием при разработке приложения для беспроводного VR. Это обоснованно тем, что при использовании шлема количество кадров в секунду (fps) должно быть стабильным и не опускаться ниже тридцати кадров. В противном случае пользователь будет испытывать чувство укачивания, и дальнейшее использование шлема будет невозможно.

Несмотря на более простое написание кода, по сравнению с Unreal Engine от использования Unity пришлось отказаться из-за описанной проблемы оптимизации приложений.

Unreal Engine 4 (UE) [11] - обладает всеми преимуществами, что и Unity, но при этом более стабильный и оптимизированный. Более высокая производительность достигается за счет использования языка C++.

Сам движок имеет в распоряжении множество полезных функций, которых нет в Unity. Объясняется это тем, что UE появился раньше и использовался в крупных проектах чаще, чем Unity.

Поддержка UE отличается в положительную сторону от поддержки конкурента. Например, новые версии не требуют изменять уже существующие проекты. Переход Unity со старой версии на более новую связан с техническими проблемами. Эта проблема существует и на данный момент.

Важной особенностью Unreal Engine считается система визуального скриптинга Blueprint. Она представляет собой блоки, которые связаны друг с другом.

Элементы Blueprint:

- Переменные;
- Компоненты;
- Графики.

Еpic Games создала эту системы, чтобы люди далекие от программирования смогли создавать свои проекты. Но Blueprint оказалась не такой простой, как ее подразумевали разработчики. Перед началом использования этой системы необходимо знать минимальную теоретическую часть. Например, знать, что такое переменные и как их использовать; понимать работу функционального и объектно-ориентированного программирования.

Можно в альтернативу использовать и привычное текстовое написание кода, но Blueprint внедрен в сам движок и даже написав строки кода, необходимо будет добавить компонентный блок с этими строками в поле Blueprint.

В итоге получилось система, которая немногим проще привычного программирования. Но в качестве компенсации служит высокая скорость вычисления языка C++. А как приводилось ранее, высокая производительной имеет для проекта большое значение (Рис. 1.27).

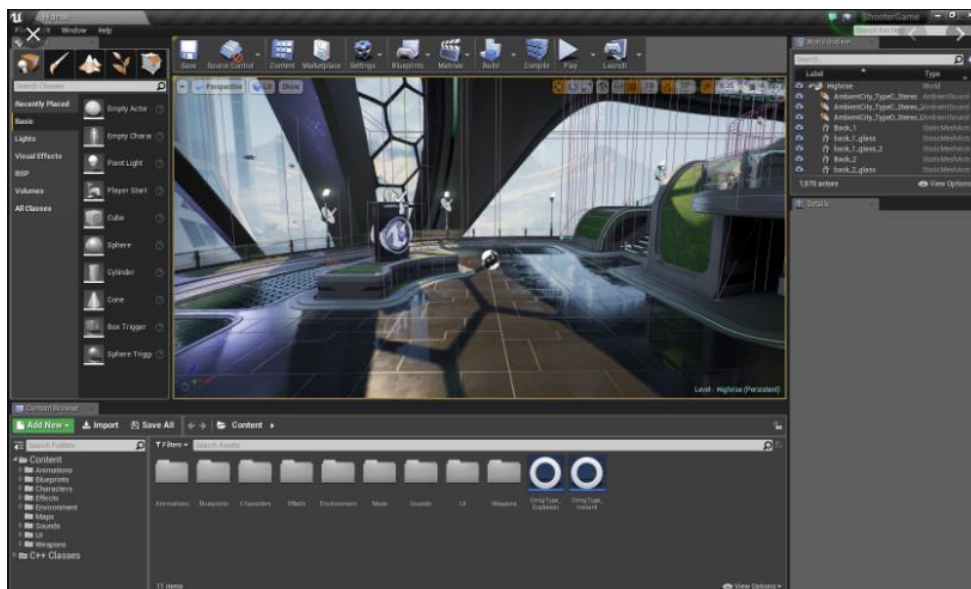


Рисунок 1.27 – Интерфейс игрового движка Unreal Engine 4

На основе возможностей и доступности движков выбор пал на Unreal Engine 4 по причинам наличия собственного опыта работы во время учебного процесса, визуального программирования, отсутствия ограничений при разработке, а самое главное лучшей производительностью относительно Unity3d.

1.5. Выбор программного обеспечения для моделирования 3D-объектов

Выбор ПО для создания 3D моделей и текстур для них будет не таким сложным, как выбор игрового движка, поскольку как таковых программных пакетов нет.

Лидирующую позицию на рынке сейчас занимают три ПО:

- 3ds Max [12];
- Maya [13];
- Blender [14].

Первые две программы принадлежат американской компании Autodesk и являются полноценным профессиональным программным обеспечением, которое используют на глобальном корпоративном уровне. Это очень мощные инструменты, которые позволяют делать абсолютно все возможные вещи, связанные с 3д-моделированием. Но их главным недостатком является то, что они распространяются по принципу ежемесячной лицензионной подписки и имеют закрытый код. В настоящий момент бесплатной учетной или пробных версий попросту нет. Это уже накладывает ряд ограничений для их использования. Более того, из-за текущей ценовой политики покупка даже разовой месячной лицензии является крайне неэффективным подходом. Интерфейсы и функционал этих двух программ очень схожи между собой и практически не меняются от версии к версии (Рис. 1.28 и Рис. 1.29).

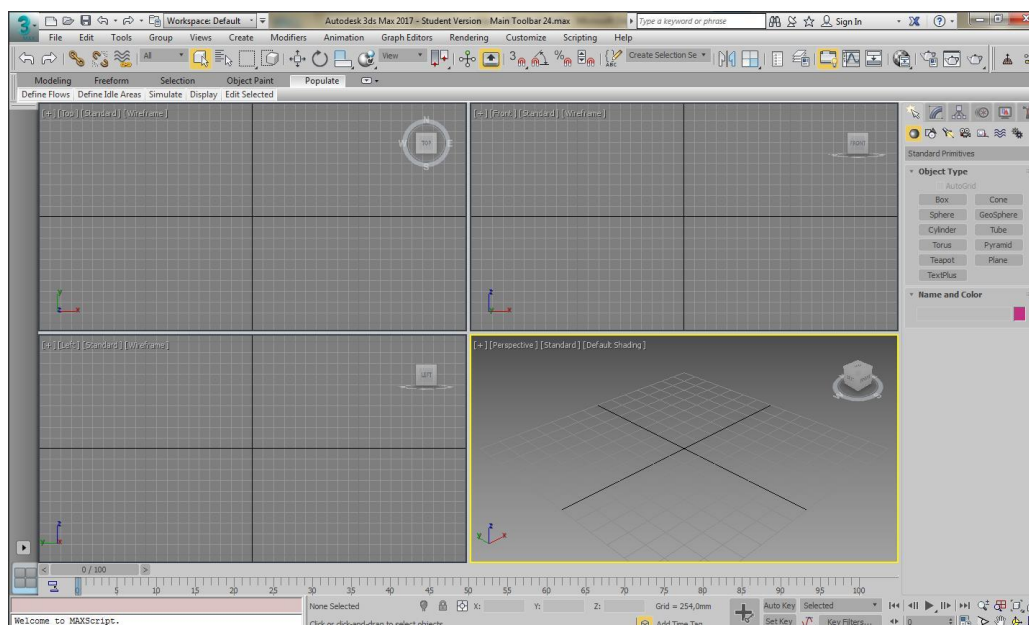


Рисунок 1.28 – Интерфейс программы 3ds Max

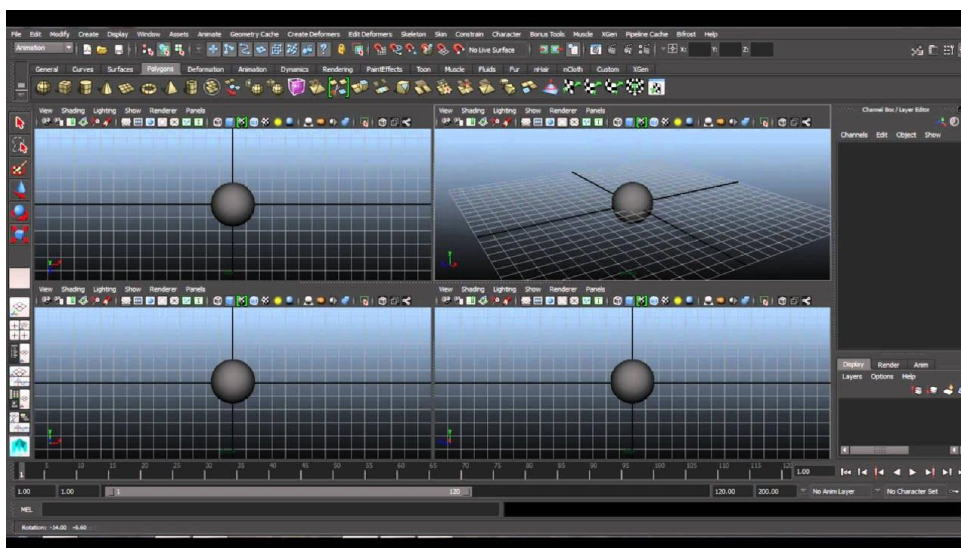


Рисунок 1.28 – Интерфейс программы Maya

Blender же в свою очередь является бесплатно распространяемой программой, доступ к которой можно получить мгновенно без необходимости приобретать какую-либо лицензию. Он имеет открытый исходный код и благодаря этому, а также открытой доступностью очень полюбился пользователям, поскольку открытый исходный код позволяет модифицировать программу так, как того желает пользователь, а также разрабатывать сторонние плагины-модули для улучшения каких-либо функциональных возможностей. Интерфейс Блендера не сильно отличается от его аналогов, более того, в чем-то он даже намного удобнее, если использовать сторонние плагины (Рис. 1.29).

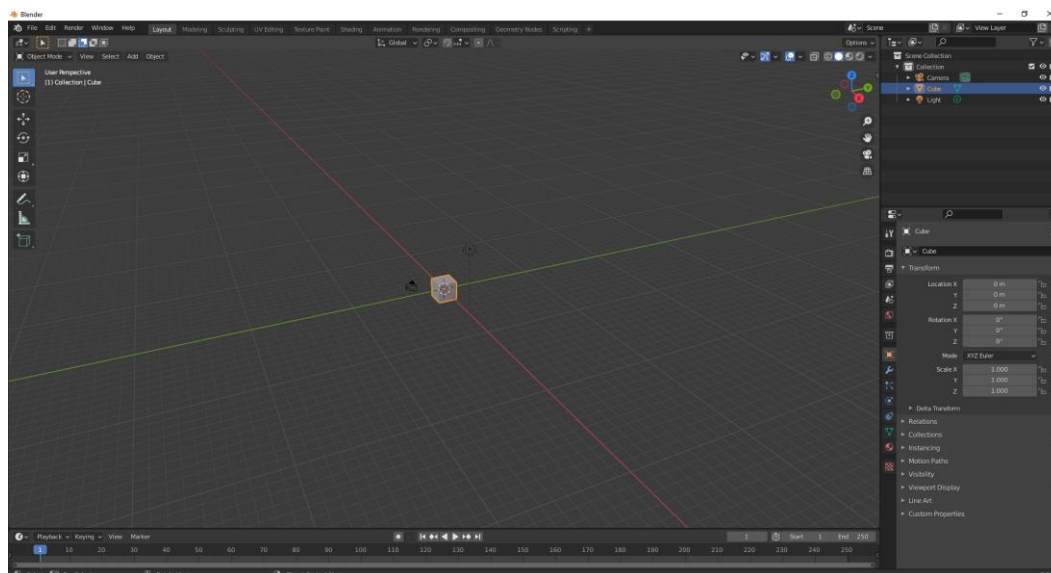


Рисунок 1.29 – Интерфейс программы Blender

Функционал имеет ту же особенность, ведь любой сторонний плагин или модуль можно настроить под себя. Благодаря совокупности всех имеющихся факторов, вокруг Блендера организовалось достаточно большое сообщество пользователей, поэтому существует множество гайдов и уроков, которые позволяют новым пользователям более просто и быстро осваиваться и работать с Blender.

Подводя итог краткого обзора возможных программных продуктов, можно сказать то, что Blender является наилучшим выбором, поскольку имеет бесплатную модель распространения и множество уроков для обучения работы с ним.

1.6. Обзор аналогов тренажеров виртуальной реальности

Проведя анализ подобных тренажеров, выяснилось, что готовых аналогов тренажера виртуальной реальности по замене обратного клапана на фонтанной арматуре нет.

Такие тренажеры делаются индивидуально под конкретные требования заказчика и распространяется исключительно той в компании, которая сделала заказ. Такие продукты не выходят на глобальный рынок, поэтому анализ уже готовых аналогов не представляется возможным.

Вместо готовых продуктов стоит рассмотреть несколько компаний, которые занимаются разработкой готовых тренажеров виртуальной реальности под заказ. Это позволит сравнить:

- Их технологический подход. Какие технологии они используют для разработки, какие продукты пользуются большей популярностью;
- Стоимость работ. Какова примерная стоимость разработки тренажера виртуальной реальности, какова сложность работы;
- Актуальность разработки тренажера. Какие популярные компании заказывают тренажеры для своих нужд.

1) «Дрим Порт» (DreamPort) [15]

Компания специализируется на разработке тренажеров виртуальной и дополненной реальности. Создана в 2018 году и за два с половиной года создала уже более 150 проектов.

Основное направление компании — это тренажеры для обучения и виртуальные экскурсии. В приоритете используют проводные шлема виртуальной реальности. Разработка ведется на игровом движке Unity3d.

Минимальная заявленная цена на самый простой продукт, без реализации сложных интерактивных объектов – 500тыс. руб. Стоимость и сложность работы рассчитывается от внешнего окружения: будет ли это полноценная спроектированная локация или же пустой закрытый гараж, от количества и сложность интерактивных элементов: будет ли это лишь перемещение и обзор объектов или же сложное управление ими, от общего размера проекта: один комплекс или несколько корпусов большого заводского предприятия. Примерная оценочная стоимость тренажера по замене обратного клапана 750 тыс. руб.

Компания разрабатывает тренажеры любого характера и сложности, основные её направления: Промышленные предприятия с целью обучения сотрудников, Образовательные учреждения с целью обучения детей, Рекламные агентства с целью контента для маркетинга и презентаций, Музеи и выставки для экскурсий по экспонатам. Популярные заказчики, указанные на сайте: Центральный музей, Якутскэнерго, Татнефть, РЖД, Росатом, Кургандормаш.

2) «Дженерал Ви Ар» (GeneralVR) [16]

Компания специализируется на разработке виртуальных тренажеров по производственным процессам, создают симуляторы и тренажеры оборудования для целых цехов и производственных линий. Привлекают экспертов для надежного и профессионального внедрения технологии индустрии. Основана в 2016 году и являются участниками «Сколково».

Не имеет открытой минимальной цены за разрабатываемый продукт, все оценки проектов происходят в индивидуальном порядке. Примерная оценка тренажера виртуальной реальности по замене обратного клапана 550-600 тыс. руб.

Компания специализируется на тренажерах виртуальной реальности глобальных масштабов и цифровых двойниках, в таких направлениях, как: Промышленные производственные операции для обучения сотрудников, дополненная реальность для охраны труда, сборки и электромонтажа, стратегическая цифровизация предприятия. Основные партнеры компании, указанные на сайте: Сколково, Россия «Охрана труда», АйтиКонсал, Ланит, MSI, NVIDIA, HP, DELL, EPSON.

3) Тенго Интерактив (Tengointeractive) [17]

Компания специализируется на высоко реалистичных уровнях в виртуальной и дополненной реальности. В основном работают на государственный сектор и помогают ему внедрять технологии виртуальной реальности. В портфолио более 50 проектов.

Не имеет открытой минимальной цены за разрабатываем продукт, все оценки проектов происходят в индивидуальном порядке. Примерная оценка тренажера виртуальной реальности по замене обратного клапана неизвестна.

Основное направление разработки: тренажеры для обучения, обзорные экскурсии для рынка недвижимости, прешоу для маркетинга, игры и аттракционы. Основные заказчики, которые указаны на сайте: РЖД, Дом.ру, Росатом, Лукойл, Кортрос, ФорумГруп.

2. Разработка тренажера виртуальной реальности

2.1. Постановка задачи

2.1.1. Цель и назначение тренажера виртуальной реальности

Цель проекта — тренажер, позволяющий значительно снизить расходы на обучение и аттестацию персонала при выполнении стандартной операционной процедуры по замене обратного клапана на фонтанной арматуре.

В свою очередь проект выполняет несколько функций:

- демонстрационная – основная функция, показ задуманных объектов;
- информационная – пользователи узнают из тренажера информацию об объекте;
- навигационная – заранее ознакомившись с планом местности, пользователь уже сможет ориентироваться в реальности;
- присутствие – виртуальная реальность позволяет ощутить себя в наблюдаемом месте;
- взаимодействие – пройдя инструктаж и отработав базовые операции, пользователь уже сможет выполнить их в реальности.

2.1.2. Разработка алгоритма работы VR тренажера

Тренажер должен реализовывать последовательность действий, которая выполнятся при замене обратного клапана. Она включает в себя 20 этапов, но из них в реализации для возможны лишь 11, это обусловлено тем, что не все этапы могут иметь программную реализацию, но это не значит, что нереализованные в тренажере этапы можно опустить. Сотрудник, проводящий

стандартную процедуру замены обратного клапана ДОЛЖЕН ЗНАТЬ все этапы и следовать им.

Разберем этапы последовательности, на основе которых будет сформирован будущий алгоритм замены обратного клапана:

Этап 1:

Проверить все оборудование и используемые средства индивидуальной защиты. Вспомнить все шаги, которые необходимо предпринять при возникновении какой-либо опасности.

Если все требования безопасности соблюдены, можно приступать к операции.

Пользователь должен будет надеть все необходимые средства СИЗ и отправить на месторождение.

Этап 2:

Произвести кнопочную остановку скважины, так же установить табличку, предупреждающую других сотрудников о том, что ведутся технические работы. Обратит внимание, что необходимо держаться на поручень при подъеме/спуске по лестнице для обеспечения заземления КТПН, ТМПН, СУ.

Пользователь должен будет добраться до электрощитка и произвести ручную остановку добывающей скважины.

Этап 3:

Закрыть задвижки, которые расположены на выкидной линии и подводе к месту, где установлен сам обратный клапан. Обратит внимание, что после закрытия всех задвижек, необходимо ослабить все штурвалы на $\frac{1}{4}$ оборота.

Пользователь должен в правильной последовательности закрыть до упора необходимые вентиля, после чего ослабить их на четверть оборота.

Этап 4:

Снизить давление в манифольде до атмосферного, используя имеющийся вентиль и пробоотборник, вентиль после этого оставить открытым.

Пользователю необходимо нажать на кран пробоотборника, чтобы снизить давление в установке.

Этап 5:

Произвести демонтаж обратного клапана выкручиванием против часовой стрелки, используя универсальный разводной ключ. Обратить внимание на то, что возможен вылет клапана под сильным давлением, не находиться в опасной зоне по траектории возможного движения.

Пользователю необходимо выкрутить старый обратный клапан из фонтанной арматуры, используя универсальный разводной ключ.

Этап 6:

Подготовить новый обратный клапан для установки в фонтанную арматуру, обмотать резьбу фумлентой и установить пластиковую прокладку. Обратить внимание на целостность прокладки, возможны пропуски.

Пользователю необходимо установить новый обратный клапан в фонтанную арматуру.

Этап 7:

Произвести монтаж обратного клапана путем вкручивания его по часовой стрелке, используя универсальный разводной ключ.

Пользователь должен закрутить установленный в фонтанную арматуру клапан с помощью универсального разводного ключа.

Этап 8:

Убедиться в том, что риска обратного клапана после установки направлена вертикальной вниз

Пользователь должен проверить, верно ли установлен и закручен клапан.

Этап 9:

Опрессовать обратный клапан путем открытия рабочей задвижки, находящейся перед клапаном

Пользователю необходимо в правильно последовательности раскрутить ранее закрученные вентили.

Этап 10:

Открыть все оставшиеся задвижки на фонтанной арматуре и выкидной линии.

Пользователю необходимо в правильно последовательности раскрутить ранее закрученные вентили.

Этап 11:

Запустить установку (ЭЦН) в работу. Обратить внимание на наличие подачи сырья и отсутствии пропусков по обратному клапану после запуска ЭЦН.

Пользователь должен будет добраться до электрощитка и произвести ручной запуск добывающей скважины.

Тогда общий алгоритм работы тренажера будет выглядеть следующим образом (Рис. А.2, см. Приложение А). На основе этого алгоритма будет составлена последовательность действий, которую пользователь должен будет выполнить в процессе обучения в виртуальном тренажере.

2.2. Разработка и моделирование объектов нефтяного месторождения

2.2.1. Стартовая комната

Смоделируем и построим стартовую локацию тренажера [18], откуда будет начинаться обучение. Это промежуточная трансферная локация перед выездом на месторождение. Обучающийся должен будет проверить все

средства индивидуально защиты, прежде чем выезжать на место проведения работ (Рис. 2.1, Рис. 2.2, Рис.2.3).



Рисунок 2.1 – Стартовая локация с раздевалкой и транспортом

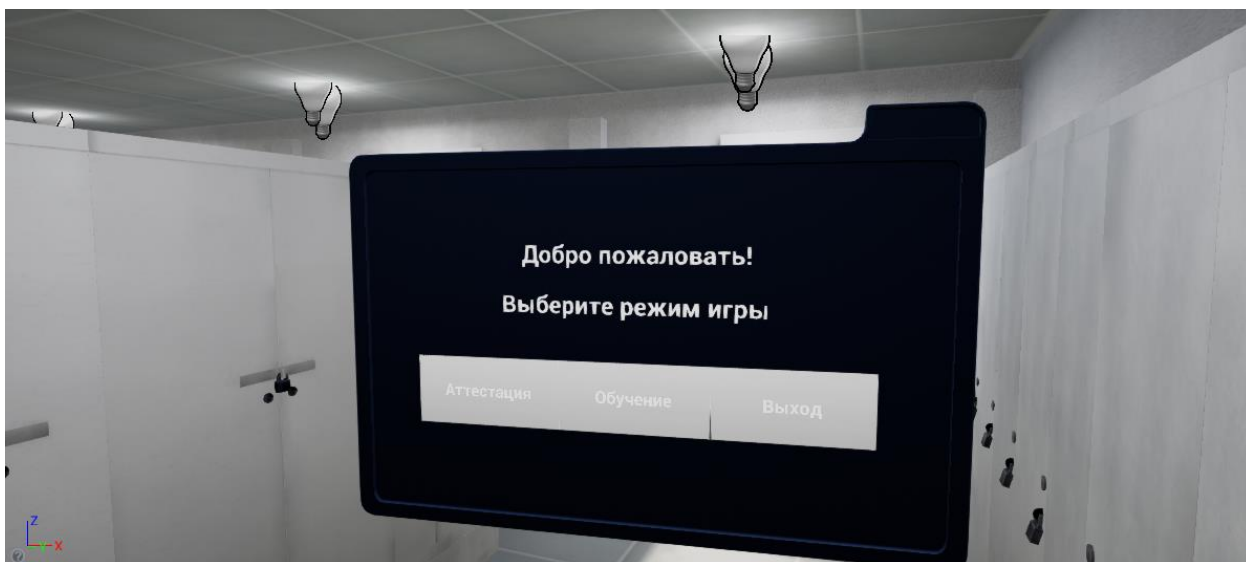


Рисунок 2.2. – Стартовое меню в раздевалке

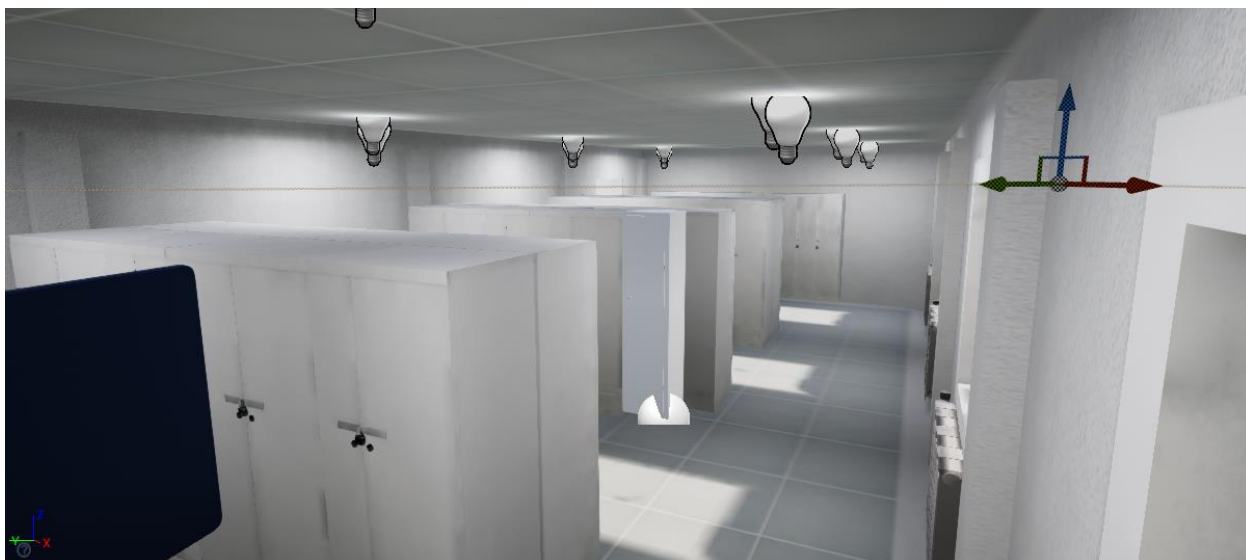


Рисунок 2.3 – Раздевалка

2.2.2. Нефтяное месторождение

Смоделирована и построена локация с нефтяным месторождением. Это уменьшенная копия реального месторождения, на котором была проведения обзорная экскурсия (Рис. 2.4).



Рисунок 2.4. – Локация нефтяного месторождения

2.2.3. Моделирование 3D-объектов

Смоделированы 3д-объекты, с которыми будет вестись взаимодействие при выполнении последовательности действий.

Одежда:

- Левый и правый ботинки (Рис. 2.5);
- Каска (Рис. 2.6);
- Очки (Рис. 2.7).



Рисунок 2.5 – 3D-модель элементов одежды: ботинки



Рисунок 2.6 – 3D-модель элементов одежды: Защитная каска

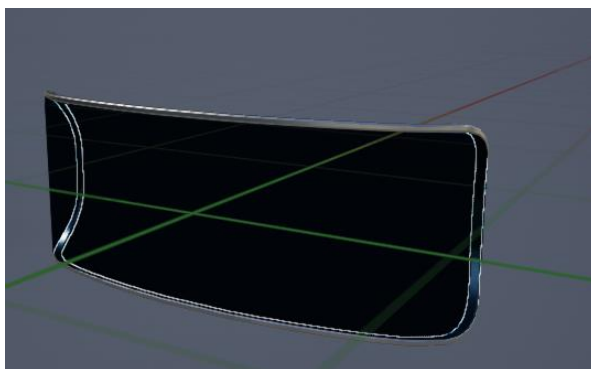


Рисунок 2.7 – 3D-модель элементов одежды: защитные очки

Оборудование для проведения стандартной операционной процедуры:

- Новый обратный клапан (Рис. 2.8).
- Универсальный разводной ключ (Рис. 2.9)

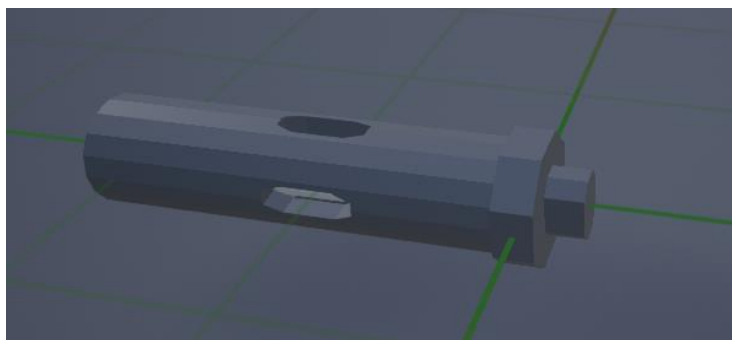


Рисунок 2.8 – 3D-модель элементов оборудования: новый ОК

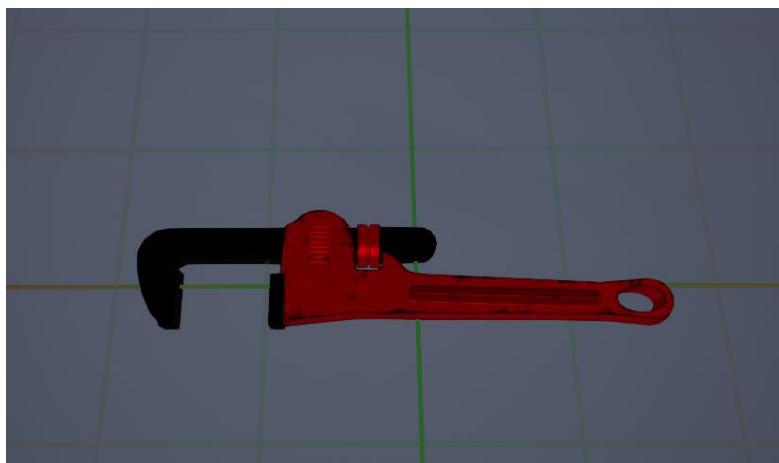


Рисунок 2.9 – 3D-модель элементов оборудования: универсальный ключ

Функциональные объекты на месторождении:

- Электрощиток управления фонтанной арматурой (Рис. 2.10);
- Платформа для изолированного размещения электрического оборудования (Рис. 2.11);
- Фонтанная арматура со всеми активными элементами (Рис. 2.12).



Рисунок 2.10 - 3D-модель функциональных объектов: электрощиток



Рисунок 2.11 - 3D-модель функциональных объектов: платформа



Рисунок 2.12 - 3D-модель функциональных объектов: фонтанная арматура

2.3. Реализация программных модулей

2.3.1. Принцип работы модулей в игровом движке Unreal Engine 4

Все элементы, которые будут видны в приложении и с которыми можно взаимодействовать должны быть размещены на сцене. Внутри движка эти элементы называются актерами (Actor) [19, 20]. Каждый актер состоит из определённого набора компонентов. Набор этих компонентов определяет сущность работы этого актора. Например, компонент StaticMesh отвечает за отображаемую модель на сцене (Рис. 2.13 и Рис. 2.14)

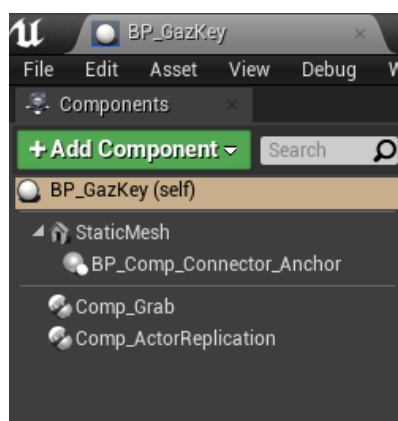


Рисунок 2.13 – Редактор актора в Unreal Engine 4

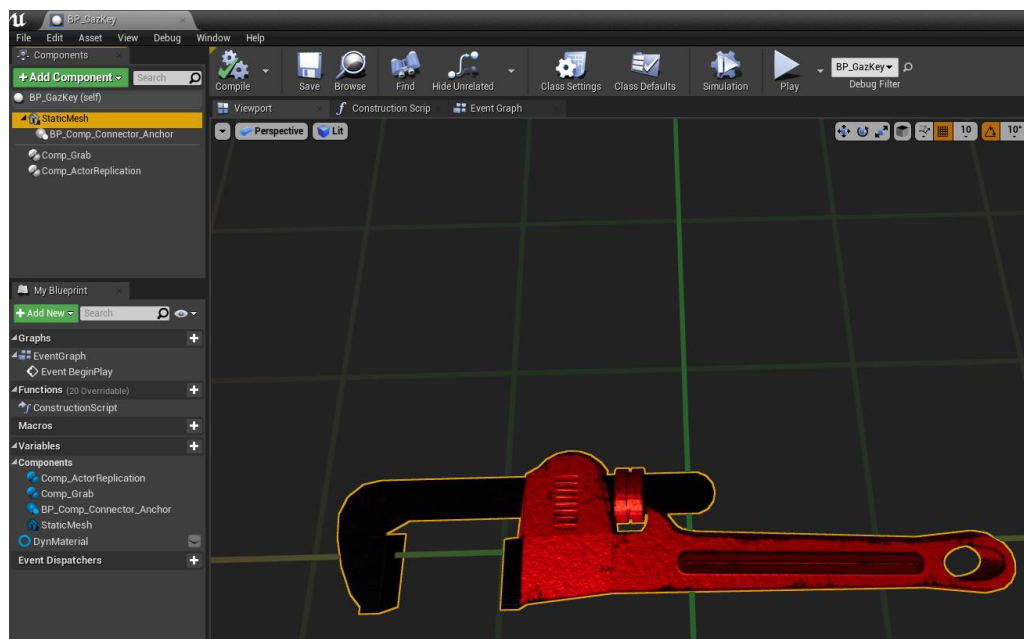


Рисунок 2.14 – StaticMesh компонент у актора разводного ключа

Каждый актор имеет функциональную, программируемую логику. Называется такая логика Blueprint, она разрабатывается и редактируется в формате визуального программирования и позволяет динамически управлять акторами во время работы приложения. Эта логика помимо основной работы текущего актора, позволяет создавать ссылки на другие акторы, находящиеся на сцене, это позволяет организовать взаимодействие и управление между разными акторами.

Пример небольшого компонента проверки градуса поворота у вентиля фонтанной арматуры представлен на рисунке 2.15.

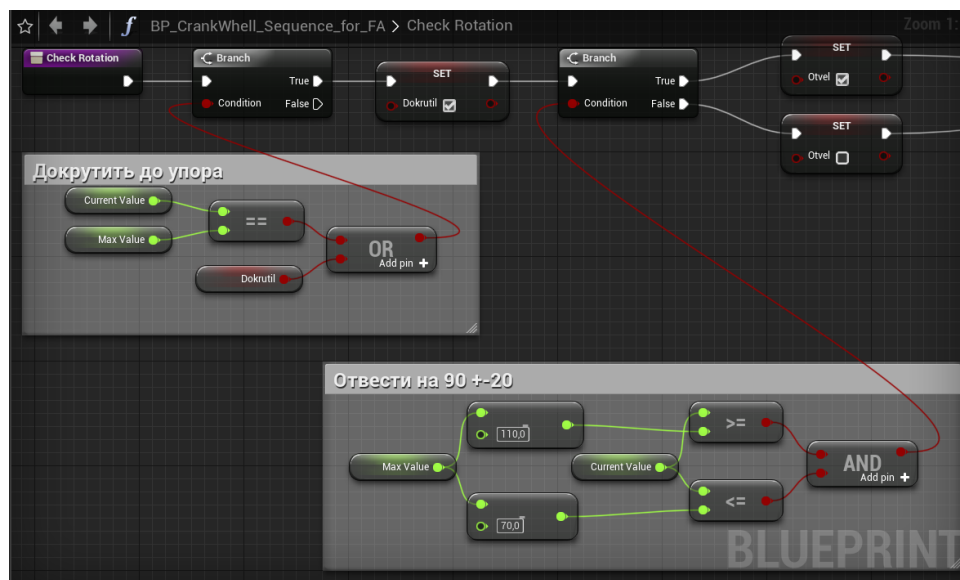


Рисунок 2.15 – Реализация проверки вращения вентиля у ФА с помощью визуального программирования Blueprint

2.3.2. Реализация модели персонажа

Для реализации персонажа был создан актер «BodyPawn» (Пешечное тело) и в него была помещённая модель человеческого тела, взятая из бесплатного пакета расширений, который предоставляется Unreal Engine (Рис. 2.16). Этот актер будет выполнять роль нашего тела в виртуальном мире. К нему, на уровень головы закреплена камера, которая как раз будет отображать картинку из виртуального мира в шлем виртуальной реальности. Дополнительно на модель тела были установлены метки, на которые можно будет прикрепить элементы одежды (Каска, очки, пара ботинок). К этому же телу будут прикрепляться контроллеры пользователя.

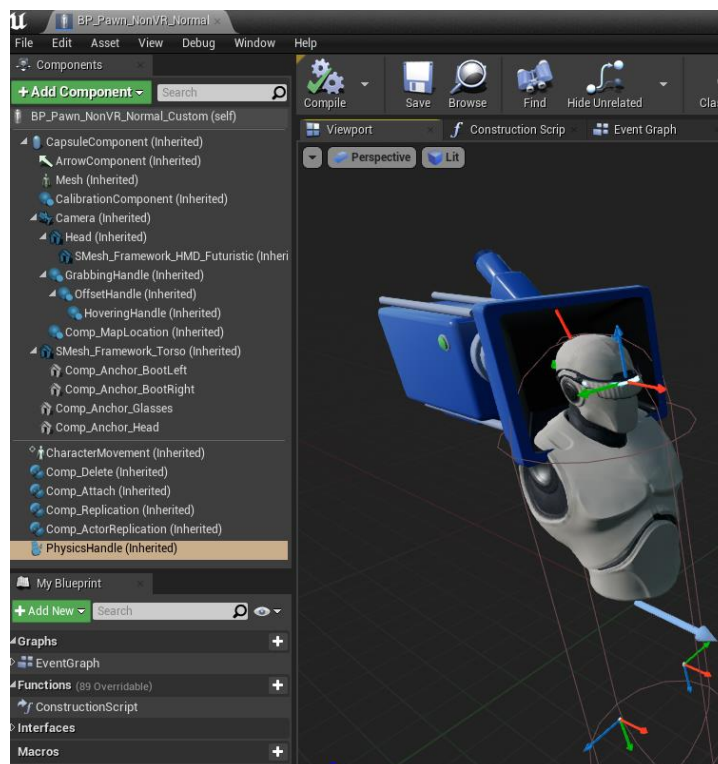


Рисунок 2.16 – Актор модели персонажа

2.3.3. Реализация работы контроллеров и управление персонажем

Для реализации рук персонажа, были созданы акторы «MotionController» (Контроллер движения для левой и правой рук). В нем используется модель человеческой руки, что позволяет получить лучшую степень погружения и более реалистичное взаимодействие с виртуальным миром (Рис. 2.17). Левая и правая «руки» будут прикреплены к модели нашего персонажа, что позволит. Все основные компоненты, для взаимодействия контроллерами с виртуальным миром будет прикреплены в этот актор. Самыми важными будут являться два компонента:

- Захват других акторов (Grab) – это позволит контроллерами брать в руки другие предметы, такие как элементы одежды, разводной ключ, обратный клапан и др.;

- Присоединение одного актора к другому (Attach) – это позволит нам присоединять элементы друг другу, чтобы один элемент был зависим от другого и перемещался за ним. Это позволит реализовать надевание вещей на персонажа, присоединение разводного ключа к гайке обратного клапана, присоединение рук к вентилям для их вращения и др.

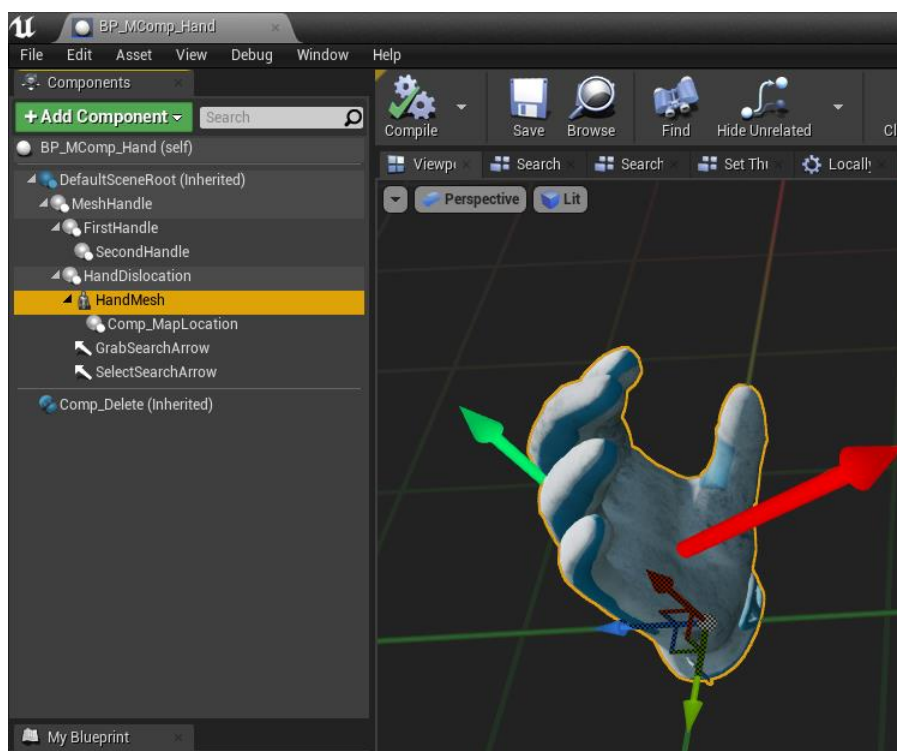


Рисунок 2.17 – Актор контроллеров в виде рук

2.3.4. Реализация захвата акторов

Основная задача этого компонента проверять, возможно ли взять в руки актор, на котором он установлен. Сам компонент захвата «Grab» (Схватить) добавляется на те акторы, с которыми мы хотим взаимодействовать и проверяет, можем ли мы сейчас схватить объект или нет.

Алгоритм данного компонента проверяет, находится ли сейчас контроллер в радиусе возможного захвата объекта, возможно ли сейчас

захватит объект, не занят ли он чем. Если все необходимые условия соблюдены, то компонент формирует запрос к компоненту присоединения и передает туда необходимые данные, такие как инициатор захвата и объект захвата (Рис. Б.1, см. Приложение Б). После этого начинает работу уже другой компонент.

2.3.5. Реализация присоединения акторов друг к другу

Разработан компонент, который на основе запроса к нему присоединяет один объект к другому и заставляет последний следовать за первым. Компонент получил название «Attach» и используется на тех акторах, которые по логике работы должны будут взаимодействовать с другими акторами. Так, например взяв в руки элемент одежды мы с помощью этого компонента можем надеть её на себя, компонент получает объект, который нужно присоединить и объект к кому идет присоединение, после чего обрабатывает информацию с помощью системных команд и соединяет объекты в одно целое (Рис. В.1, см. Приложение В).

2.3.6. Реализация алгоритма последовательности действий

На основе стандартной операционной процедуры по замене обратного клапана (Рис. А.1, см. Приложение А) и разработанной упрощенной её версии (Рис. А.2, см. Приложение А), был реализован модуль программы, который отвечает за корректную работу последовательности действий на месторождении.

Принцип его работы заключен в абстрагированном от всех объекте, который содержит в себе лишь название текущего этапа и последовательные шаги, для выполнения этого этапа (Рис. 2.18).

	R _i	Название	Последовательность
1	1	Одежда	Левый ботинок;Правый ботинок;Каска;Очки
2	2	Инструменты	Положить клапан; Положить ключ
3	3	Подготовить установку	Отключить установку;Закреть раб. задвижку;Закреть Второй вентиль;Закреть Третий вентиль;
4	4	Заменить клапан	Открыть; Вытащить; Установить новый; Вставить; Закрутить;
5	5	Восстановить работу	Открыть раб. задвижку; Открыть второй вентиль; Открыть третий вентиль; Включить установку;

Рисунок 2.18 – Настройка последовательности внутри тренажера

Такая структура позволяет очень гибко настраивать последовательность действий всего тренажера, поскольку создание отдельных этапов, разделенных на под этапы, не нагромождает и не усложняет пользовательский интерфейс (см. Рис. 2.19 и Рис. Г.1, см. Приложение Г).

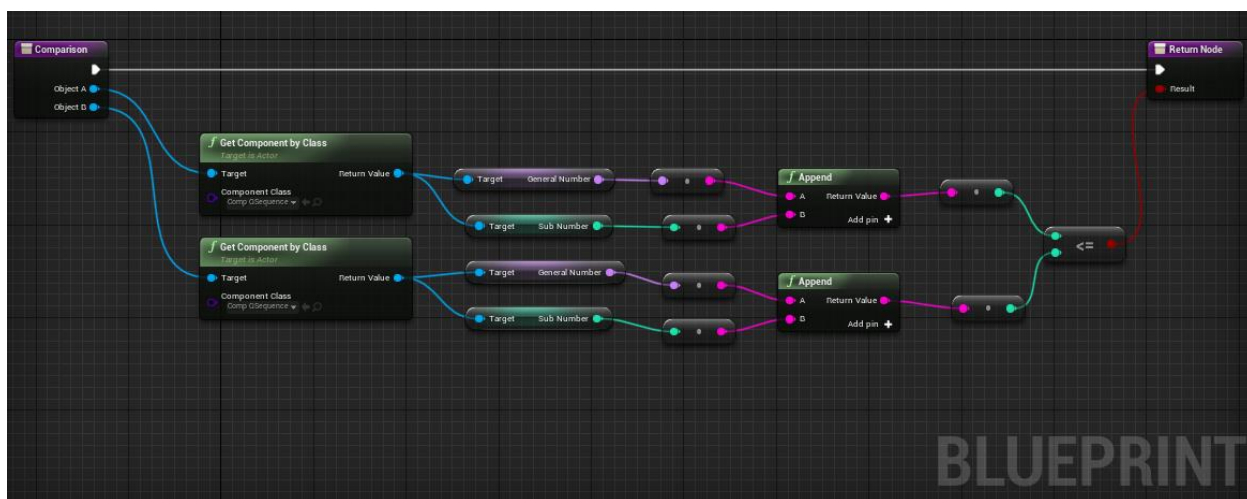


Рисунок 2.19 – Преобразование таблицы последовательности в данные для отображения на пользовательском интерфейсе задач

Прототип интерфейса включает в себя отображаемый блок текущей задачи с её подзадачами, кнопку «Обучение», в которую, в будущем можно будет разместить видео/аудио/текстовую инструкцию о том, как правильно выполнять данную задачу, возможность начать сначала и выход из программы (Рис. 2.20).

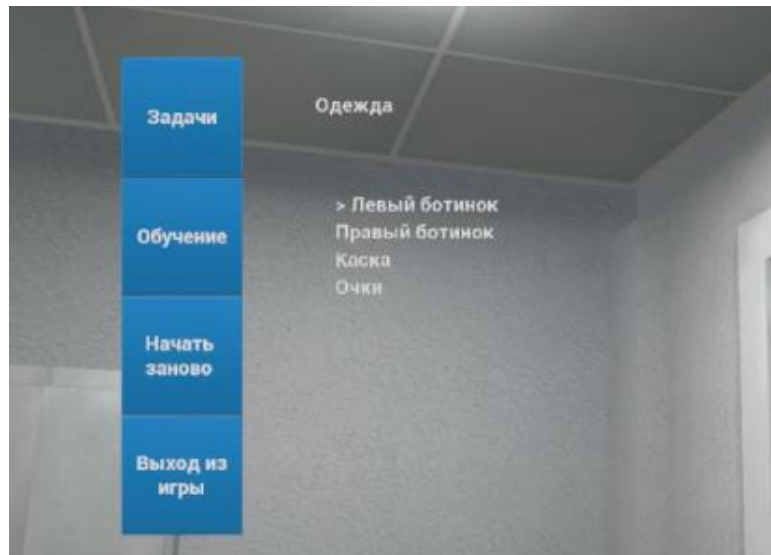


Рисунок 2.20 – Интерфейс отображения последовательности

Логика работы этого актора заключается в том, что мы закрепляем за каждым интересующим нас объектом компонент «прослушивания» последовательности. Этот компонент имеет привязку к определенной задаче и подзадаче в нашей последовательности и как только выполняется определенное условие, он сообщает нашей последовательности о том, что он выполнен (Рис. 2.21 и Рис. 2.22).

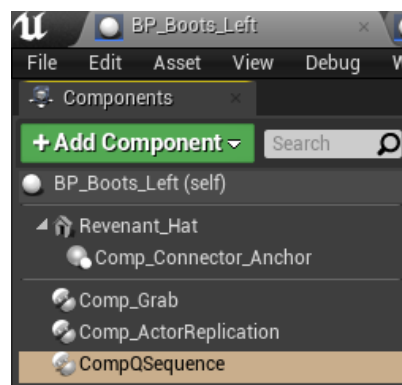


Рисунок 2.21 – Компонент последовательности на акторе левого ботинка



Рисунок 2.22 – Настройка компонента на привязку к задаче и подзадаче

Такая организация алгоритма легко позволяет отслеживать прогресс пользователя. Каждый компонент сообщает свой порядковый номер в момент выполнения, благодаря чему в момент обучения появляется возможность строго направлять пользователя по последовательно прописанным шагам, а в режиме тестирования проверять, в правильной ли последовательности пользователь выполняет действие.

2.3.7. Реализация алгоритма ЗОК на ФА

Процедура замены обратного клапана содержит в себе последовательное выполнения конкретных действий (Рис. 2.23), а именно:

- 1) Открутить старый обратный клапан
- 2) Вытащить старый обратный клапан из фонтанной арматуры
- 3) Установить новый обратный клапан в фонтанную арматуру
- 4) Задвинуть новый обратный клапан до положения закручивания
- 5) Закрутить новый обратный клапан

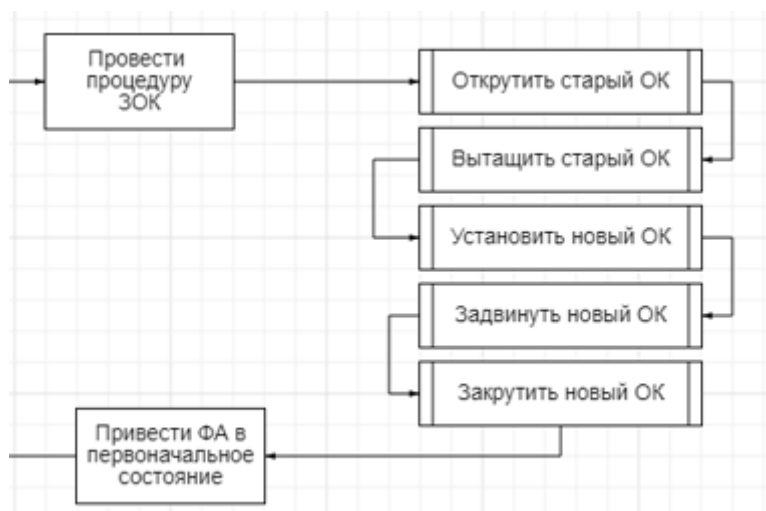


Рисунок 2.23 – Алгоритм замены обратного клапана

На основе этого алгоритма в каждом используемом модуле был составлен программный код, отвечающий за работу модуля согласно последовательности действий.

Акторы, которые участвуют в процессе ЗОК:

- Установленный в фонтанной арматуре клапан. К нему прикрепляется универсальный разводной ключ и в зависимости от текущего состояния (Была ли произведена ЗОК, старый или новый клапан сейчас установлен) клапан можно будет раскрутить или закрутить (Рис. Д.1 и Рис. Д.2, см. Приложение Д);
- Двигающийся клапан в фонтанной арматуре. Он захватывается рукой пользователя и так же в зависимости от текущего состояния (Вытаскиваем старый клапан или задвигаем новый) клапан будет задвигаться в фонтанную арматуру или выдвигаться из неё (Рис. Д.3, см. Приложение Д).

Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были решены следующие задачи:

1) Проведен анализ устройства фонтанной арматуры и её работы. Проанализированы этапы выполнения стандартной операционной процедуры по замене обратного клапана. По итогам анализа оборудования и программного обеспечения, был выбран шлем виртуальной реальности и все необходимое программное обеспечение для реализации тренажера виртуальной реальности

2) На основе проанализированных этапов замены обратного клапана были разработаны алгоритмы, из которых сформирована упрощённая последовательность действий, требуемая для выполнения стандартной процедуры

3) Реализованы все необходимы 3д-объекты и компонентные модули, из которых состоит тренажер виртуальной реальности. Все модули проектировались и разрабатывались как самостоятельные, что при необходимости позволяет менять их функционал и гибко настраивать систему.

Результатом выпускной квалификационной работы является полноценно функционирующий тренажер виртуальной реальности, реализующий стандартную операционную процедуру замены обратного клапана на фонтанной арматуре.

Список используемой литературы

1. Обзор и конструкция фонтанной арматуры [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://armaturniy.ru/arm/vidy/fontannaya-armatura.html> (Даты обращения: 12.05.2021 – 13.05.2021).
2. Обзор HTC VIVE [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.vive.com/ru/product/> (Дата обращения: 14.05.2021)
3. Обзор Valve Index [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://store.steampowered.com/valveindex> (Дата обращения: 14.05.2021)
4. Обзор Oculus Rift S [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.oculus.com/rift-s/?locale=ru_RU/ (Дата обращения: 14.05.2021)
5. Обзор HP Reverb-g2-vr [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.hp.com/ru-ru/vr/reverb-g2-vr-headset.html> (Дата обращения: 15.05.2021)
6. Обзор Oculus Quest [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.oculus.com/quest/> (Дата обращения: 15.05.2021)
7. Обзор VIVE Focus [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://business.vive.com/ru/product/vive-focus/> (Дата обращения 15.05.2021)
8. Обзор Pico Neo 2 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.pico-interactive.com/us/neo2.html> (Дата обращения: 16.05.2021)
9. Обзор Oculus Quest 2 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.oculus.com/quest-2/> (Дата обращения 16.05.2021)
10. Анализ игрового движка Unity3d [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://unity.com/ru> (Дата обращения: 17.05.2021)
11. Анализ игрового движка Unreal Engine 4 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.unrealengine.com/en-US/> (Дата обращения: 17.05.2021)

12. Анализ программного обеспечения 3ds-Max [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.autodesk.ru/products/3ds-max/overview> (Дата обращения: 18.05.2021)
13. Анализ программного обеспечения Maya 3d [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.autodesk.ru/products/maya/overview> (Дата обращения: 18.05.2021)
14. Анализ программного обеспечения Blender [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.blender.org/> (Дата обращения: 18.05.2021)
15. Обзор компании ДримПорт [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://dreamport.pro/vr-landing/> (Дата обращения: 19.05.2021)
16. Обзор компании Дженирал Ви Ар [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://general-vr.ru/> (Дата обращения: 20.05.2021)
17. Обзор компании Тенго Интерактив [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://tengointeractive.ru/> (Дата обращения: 20.05.2021)
18. Blender – Документация пользователя [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.blender.org/manual/en/latest/> (Дата обращения: 13.11.2019)
19. Unreal Engine 4 – Документация для разработчиков [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.unrealengine.com/4.26/en-US/> (Дата обращения: 14.10.2021)
20. Makkefri_M. Unreal Engine VR для разработчиков. / Бомбора: Москва 2019г. – 256с.

[illegible]

Рисунок А.1. – Инструкция по технике безопасности при ЗОК на ФА

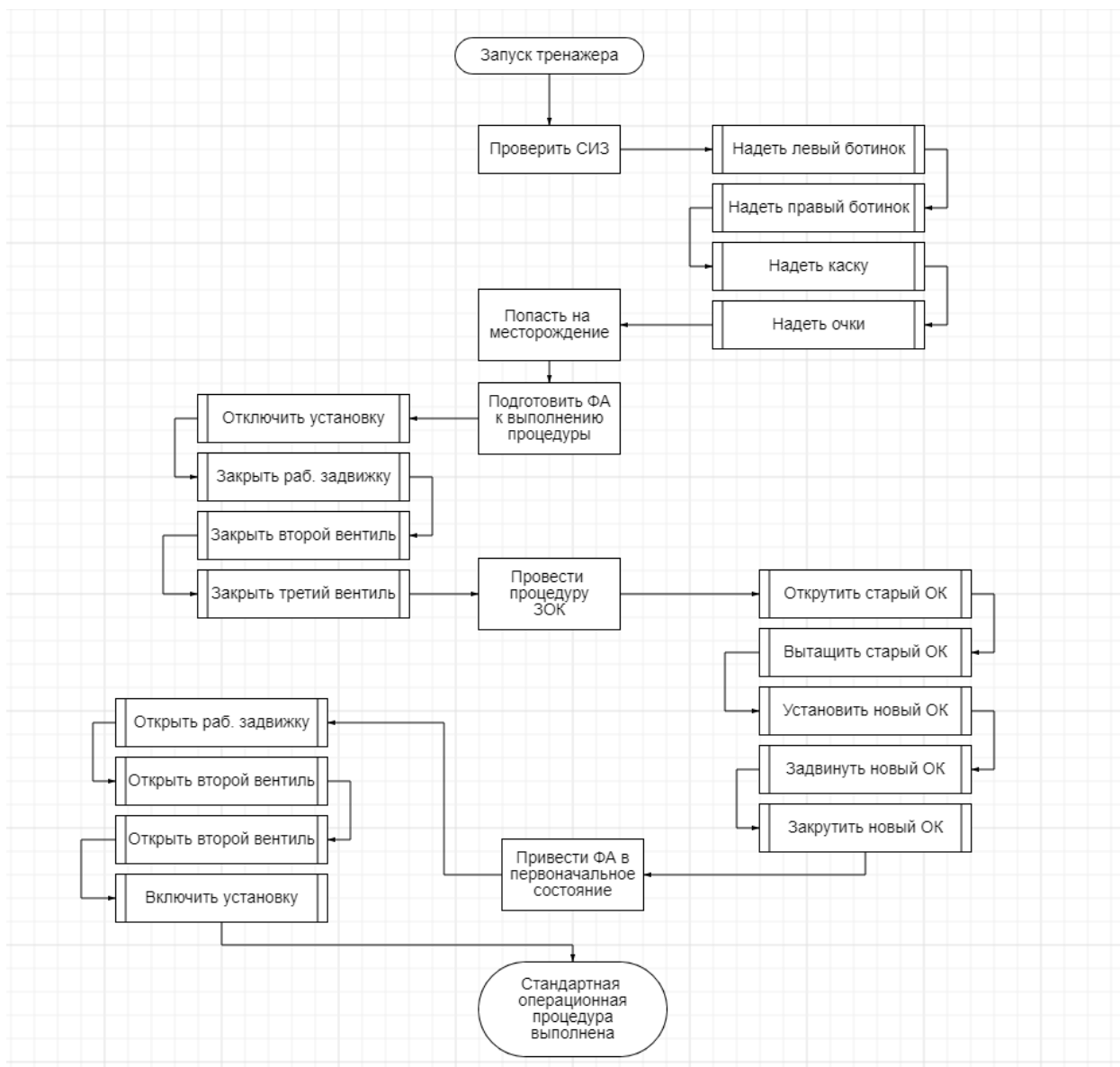


Рисунок А.2 – Алгоритм работы тренажера

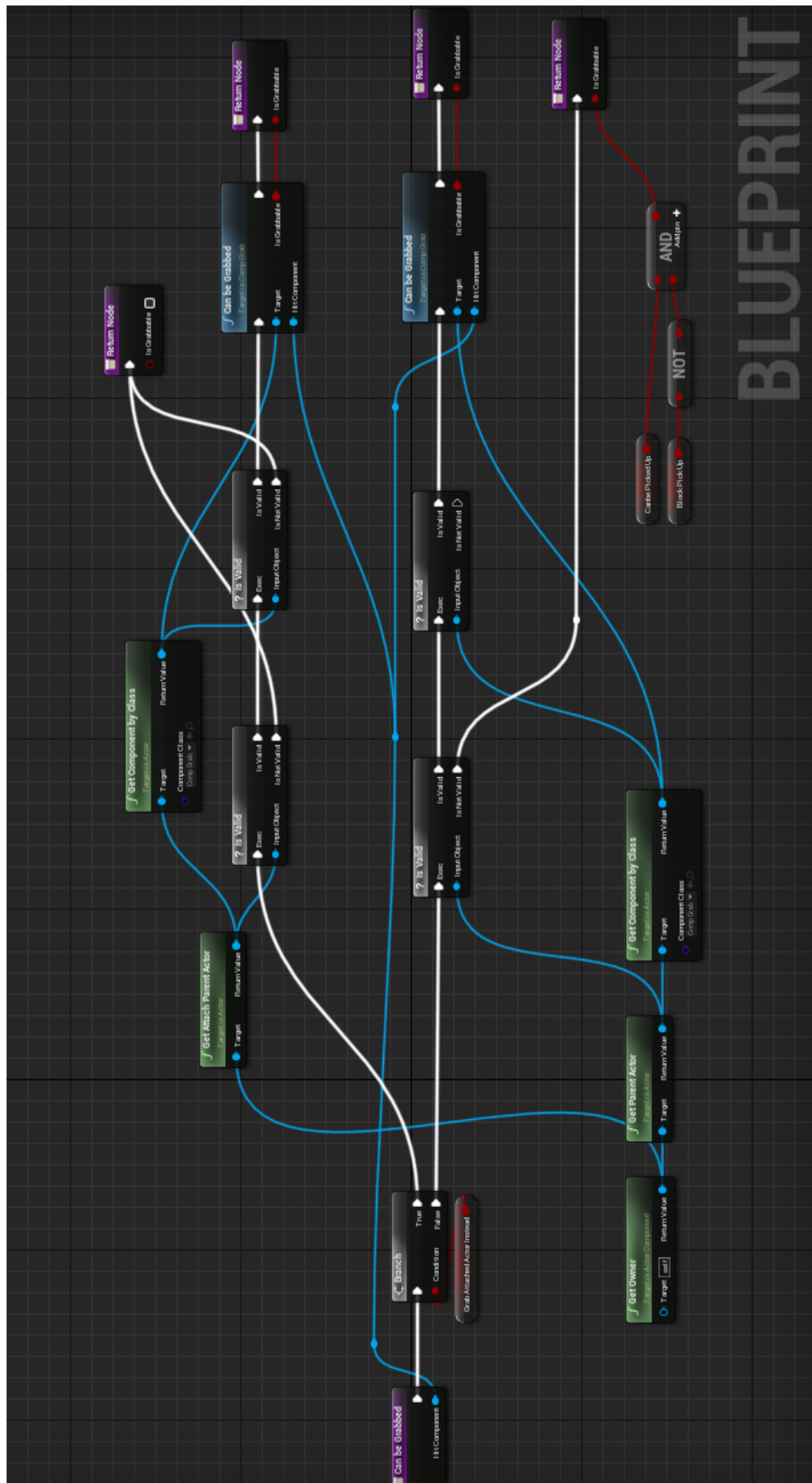


Рисунок Б.1 – Blueprint-код захвата других акторов

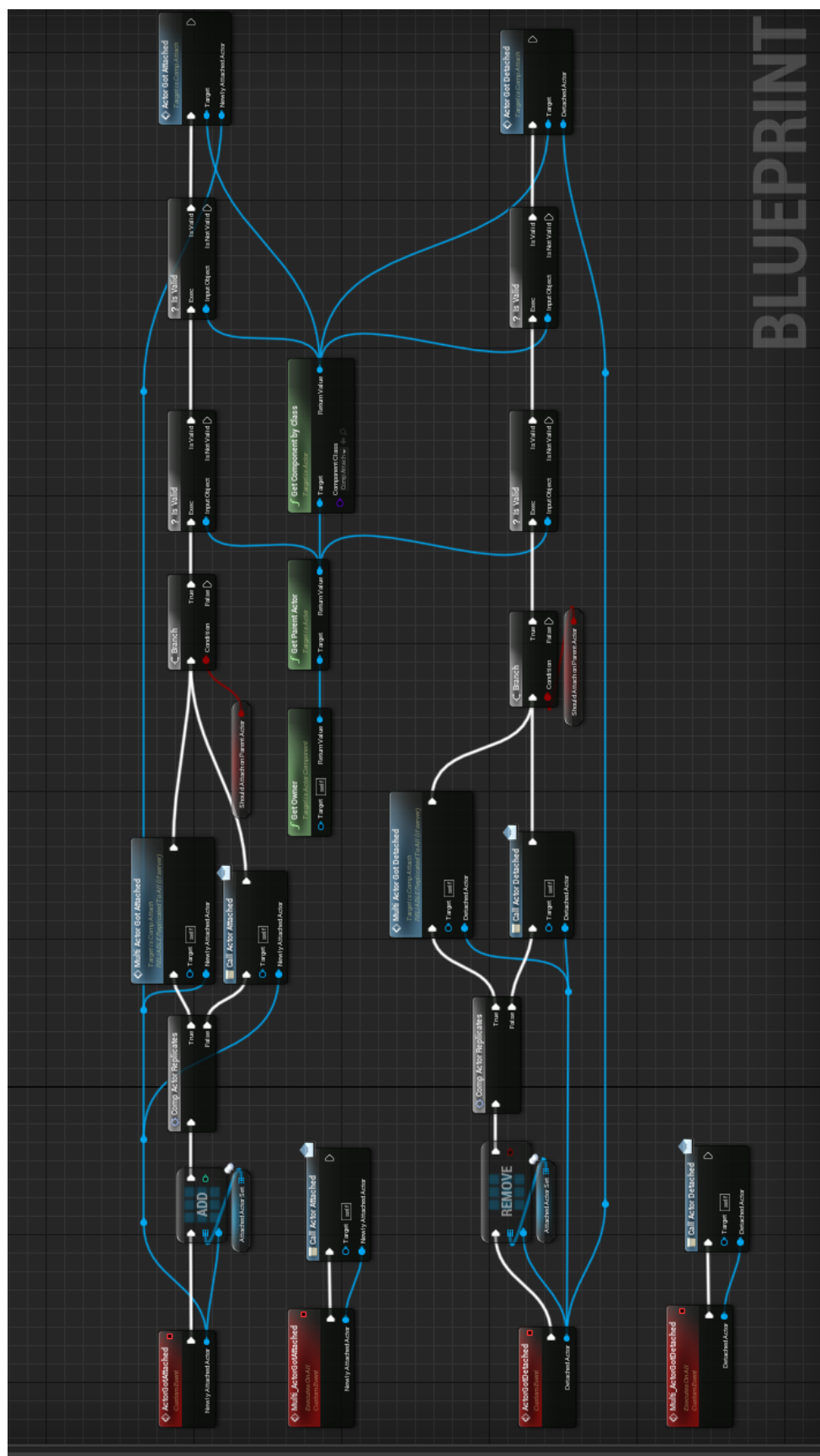


Рисунок В.1 – Blueprint-код компонента захвата других акторов

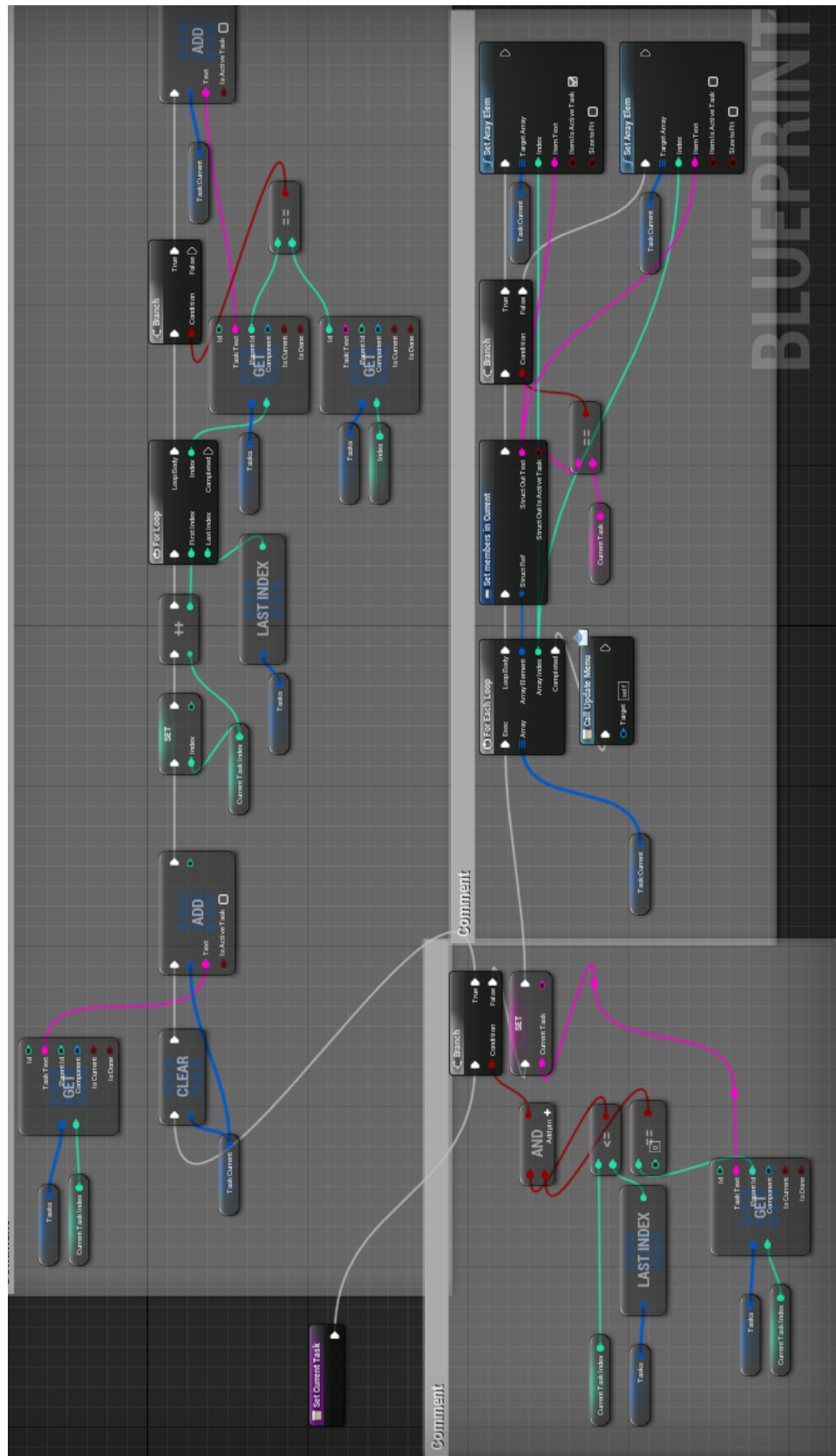


Рисунок Г.1 – Blueprint-код проверки номеров задачи и подзадачи для корректной работы последовательности

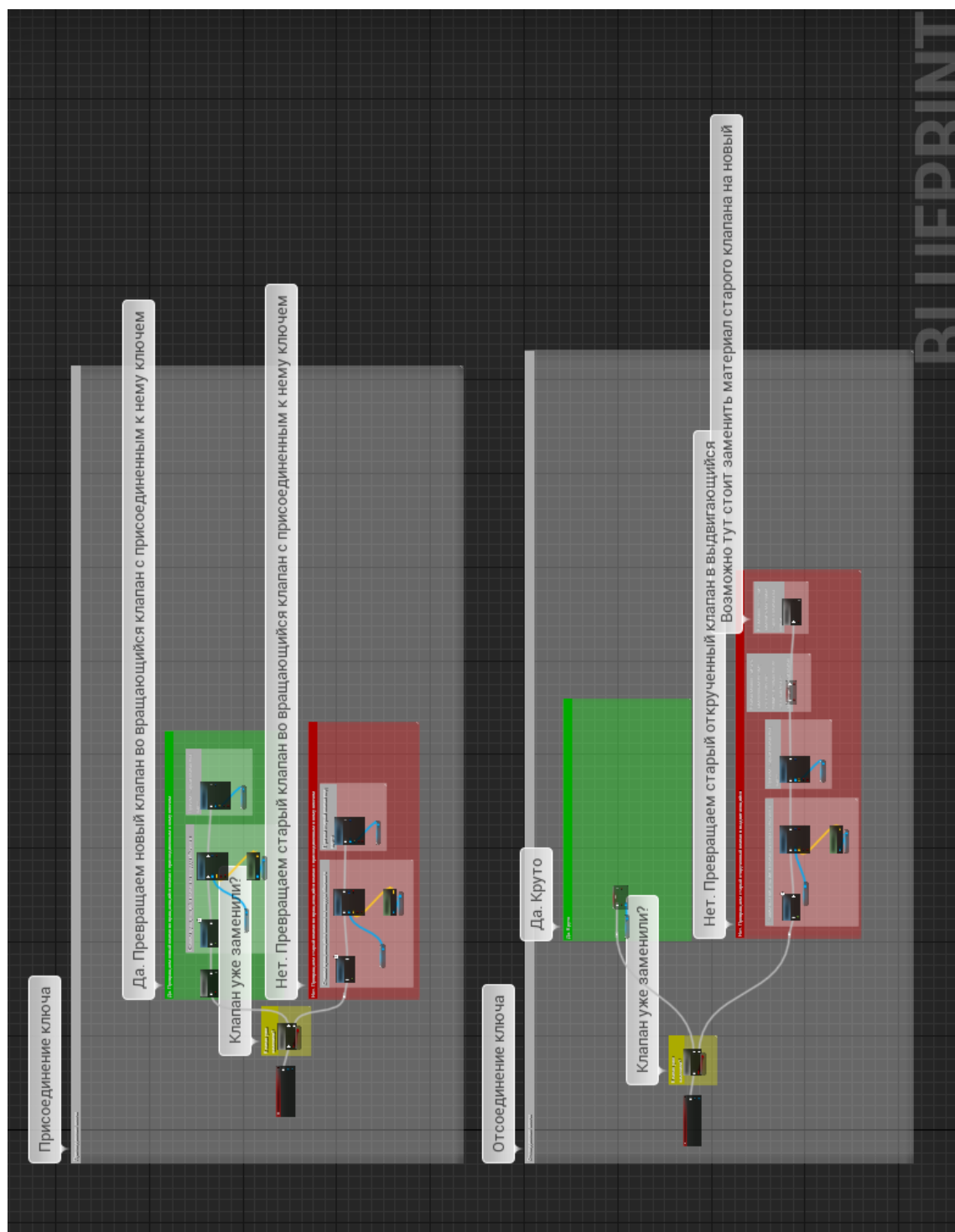


Рисунок Д.1 – Blueprint-код установленного обратного клапана

