Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)
САЕ «Институт человека цифровой эпохи»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ В ГЭК

Руководитель ООП
канд. филол. наук, доцент
_____ Н. Н. Зильберман
«10» июня 2022 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА МАГИСТРА
(МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

РАЗРАБОТКА ДИЕГЕТИЧЕСКОГО ИНТЕРФЕЙСА ДЛЯ КВЕСТА ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ «SPACEWALKER»

по направлению подготовки 09.04.03 Прикладная информатика
направленность (профиль) «Цифровые технологии в социогуманитарных практиках»

Лямзин Назар Сергеевич

Руководитель ВКР
канд. филол. наук, доцент
_____ Н.Н. Зильберман
подпись
«10» июня 2022 г.

Консультант ВКР
программист
ООО «Авсис»
_____ Д. А. Писарев
подпись
«10» июня 2022 г.

Автор работы
студент группы № 252001
_____ Н. С. Лямзин
подпись
«10» июня 2022 г.

Томск – 2022

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)
САЕ «Институт человека цифровой эпохи»

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ООП
канд. филол. наук, доцент
_____ Н. Н. Зильберман
«24» марта 2022 г.

ЗАДАНИЕ
по выполнению выпускной квалификационной работы магистра обучающемуся
Лямзину Назару Сергеевичу

по направлению подготовки 09.04.03 Прикладная информатика, направленность (профиль) «Цифровые технологии в социогуманитарных практиках»

1 Тема выпускной квалификационной работы: Разработка диегетического интерфейса для квеста виртуальной реальности «Spacewalker»

2 Срок сдачи обучающимся выполненной выпускной квалификационной работы:
а) в учебный офис – 13.06.2022 б) в ГЭК – 13.06.2022

3 Исходные данные к работе:
Объект исследования – компьютерные игры в виртуальной реальности.
Предмет исследования – диегетический интерфейс в VR квесте.
Цель исследования – разработать интерфейс для игры в виртуальной реальности в жанре квест используя концепцию диегезиса.
Задачи

1. Определить специфику диегетического интерфейса в VR играх.
2. Разработать концепт VR квеста.
3. Реализовать прототип диегетического интерфейса игры для главного меню и игровой сцены.
4. Разработать 3D модели и настроить анимацию игровых объектов виртуальной среды квеста.

Организация или отрасль, по тематике которой выполняется работа – компьютерные игры в виртуальной реальности.

4 Краткое содержание работы (перечень основных разделов)

1. Области применения технологий виртуальной реальности.
2. Технологии реализации VR в компьютерных играх. Аппаратные и программные решения.

3 Место диегетического интерфейса в классификации интерфейсов VR приложений.
4 Диетические интерфейсы VR- игр: анализ аналогов.
5 Элементы гейм-дизайна квеста виртуальной реальности.
6 Элементы диегетического интерфейса квеста виртуальной реальности.
7 Разработка трехмерных моделей и спрайтов для создания виртуального пространства игры.
8 Настройка анимации и сцены.

Руководитель выпускной квалификационной работы
канд. филол. наук, доцент _____ / Н. Н. Зильберман
подпись

Задание принял к исполнению
магистрант _____ / Н. С. Лямзин
подпись

АННОТАЦИЯ

Работа Лямзина Назара Сергеевича выполнена на тему «Разработка диегетического интерфейса для квеста виртуальной реальности «Spacewalker»».

Актуальность работы обусловлена как быстрым ростом объема рынка компьютерных игр в виртуальной реальности и высокой потребительской потребностью, так и необходимостью особых подходов разработки интерфейсов для виртуальной реальности.

Объектом исследования являются компьютерные игры в виртуальной реальности, предметом – диегетические интерфейсы в VR квесте.

Цель работы – разработать интерфейс для игры в виртуальной реальности в жанре квест используя концепцию диегезиса.

Магистерская диссертация состоит из двух глав, а также введения, заключения и списка литературы. В первой главе на основе игр-аналогов рассмотрена специфика диегетических интерфейсов VR игр, их достоинства и недостатки, рассмотрены текущие аппаратные и программные средства разработки. Во второй главе описаны выбор средств разработки, концепция и технологии реализации прототипа игры. Представлены элементы диегетического интерфейса (главного и внутриигрового меню, а также внутриигровых интерактивных объектов).

Результатом работы является прототип игрового приложения для виртуальной реальности, использующей диегетический интерфейс, разработанного на игровом движке Unity.

Магистерская диссертация содержит: 69 страниц, 45 рисунков, 55 литературных источника.

ANNOTATION

The study of Lyamzin Nazar was done the topic « Development of a dietetic interface for the virtual reality quest “Spacewalker”».

The relevance of the study is due to both the rapid growth of the market for computer games in virtual reality and high consumer demand, as well as the need for a special approach to developing interfaces for virtual reality.

The object of the study is computer games in virtual reality, the subject – dietetic interfaces in a VR quest.

The purpose of the work is to develop an interface for playing in virtual reality in the quest genre using the concept of diegesis.

The master's thesis has a structure in the form of two chapters, as well as an introduction, conclusion and bibliography. In the first chapter, based on analogue games, the specifics of dietetic interfaces of VR games, their advantages and disadvantages are considered, current hardware and software development tools are considered. The second chapter describes the choice of development tools, the concept and technologies for implementing the game prototype. Elements of the dietetic interface (main and in-game menus, as well as in-game interactive objects) are presented.

The result of the work is a prototype of a game application for virtual reality using a dietetic interface, developed on the Unity game engine.

Master's thesis contains: 69 pages, 45 figures, 55 references.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 7

1 Особенности разработки интерфейсов VR игр 11

1.1 Области применения технологий виртуальной реальности 11

1.2 Технологии реализации VR в компьютерных играх 15

1.2.1 Аппаратные решения VR 15

1.2.2 Программные средства 21

1.3 Место диегетического интерфейса в классификации интерфейсов VR приложений 26

1.4 Диетические интерфейсы VR- игр: анализ аналогов 33

2 Этапы разработки диегетического интерфейса квеста «Spacewalker» в виртуальной реальности 42

2.1 Команда и технологии реализации проекта 42

2.2 Элементы гейм-дизайна квеста виртуальной реальности 44

2.3 Элементы диегетического интерфейса квеста виртуальной реальности 46

2.4 Разработка трехмерных моделей и спрайтов для создания виртуального пространства игры 54

2.5 Настройка анимации и сцены 60

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 62

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ 64

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день на рынке VR устройств наблюдается значительный рост оборота продаж. Согласно данным статистики (Рисунок 1) IDC [32] поставки AR/VR гарнитур в 2021 году достигли 11,2 млн единиц, что выше на 92,1% по сравнению с предыдущим годом.

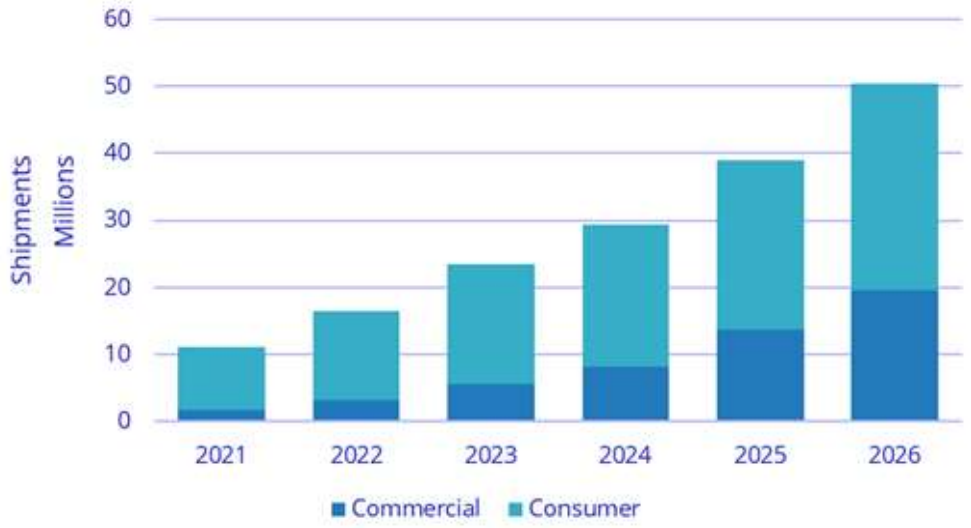


Рисунок 1 – Объем продаж AR/VR гарнитур в 2021

Также согласно статистике [53] объем рынка технологий виртуальной реальности достиг $28,42 млрд., а согласно прогнозам (Рисунок 2) в период с 2022 по 2030 данный показатель каждый год будет увеличиваться в среднем на 15%.

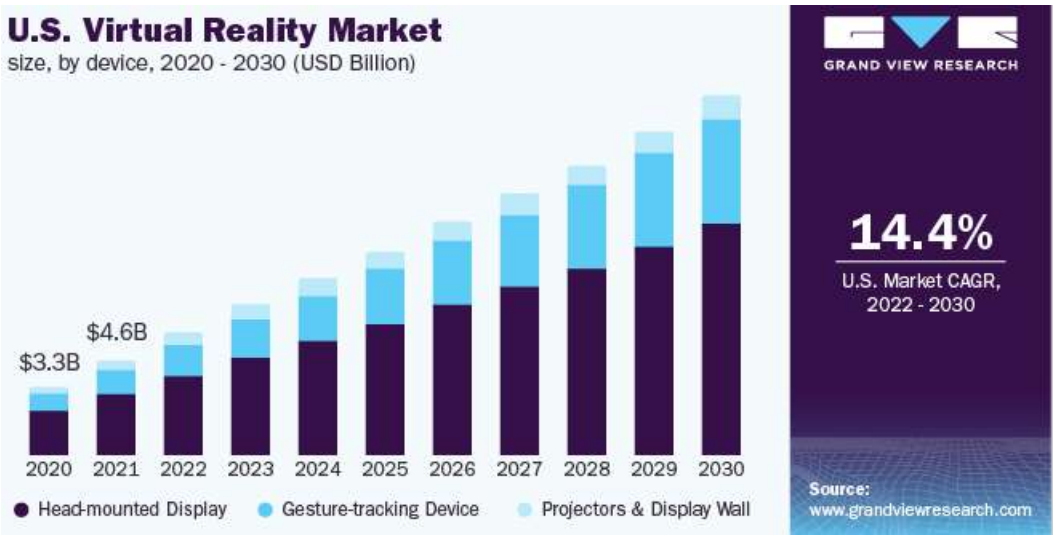


Рисунок 2 – График объема рынка VR технологий США

Объем российского рынка технологий дополненной (AR) и виртуальной (VR) реальности по итогам 2020 года составил 1,4 млрд рублей, что на 16% больше в сравнении с предыдущим годом [19]. На основании этих данных можно сделать предположение, что технологии виртуальной реальности с каждым годом будут все быстрее входить в жизнь человека.

Одной из сфер применения технологий VR являются компьютерные игры – огромного, постоянно растущего и развивающегося сегмента индустрии развлечений. Каждый год появляется больше новых компьютерных игр, использующих технологии виртуальной реальности. Согласно Report Linker [52] ожидается, что объем рынка виртуальной реальности в компьютерных играх в 2022 году достигнет $12.13 млрд, что больше на 29.2% больше, чем в предыдущем году, а, согласно прогнозам, к 2026 году этот показатель достигнет $33.65 млрд. Это говорит не только о стремительном росте рынка технологий виртуальной реальности, но и о непрерывно растущей покупательской потребности.

Одной из важнейших частей компьютерных игр является пользовательский интерфейс [16]. В компьютерных играх он непосредственно связан с гейм-дизайном и именно интерфейс будет определять то, как игрок будет взаимодействовать с игрой. В зависимости от качества его исполнения в дальнейшем будет зависеть удобство игрового процесса и понимание игроком механик игры. Однако, в отличии от привычных компьютерных игр, где интерфейс может располагаться на плоскости экрана в VR играх, интерфейс всегда располагается в пространстве, а для его разработки необходим особый подход, позволяющий сохранить как удобство пользования, так и понимание пользователем игровых механик, что определяет **актуальность** данной работы.

Интерфейс игры в виртуальной реальности оказывает сильное влияние на иммерсивность или эффект присутствия, определяющий то, насколько игрок верит в происходящие события игры, что является одной из ключевых особенностей VR игр. Интерфейс игры может как усилить эффект

присутствия, так и наоборот, постоянно напоминать о том, что игра представляет собой искусственное пространство. И один из способов максимально сохранить и усилить эффект присутствия является использование диегетических интерфейсов – интерфейсов, которые одновременно существуют, как и для игрока, так и как часть мира игры. Такие интерфейсы позволяют максимально погрузить пользователя в игровой процесс, они способны встраиваться в игровые механики, помогать пользователю адаптироваться к виртуальной реальности и идеально подойдут игры, где важно максимально передать пользователю игровой опыт. Часто данный интерфейс используется в приключенческих играх или играх жанра квест.

Объект – компьютерные игры в виртуальной реальности.

Предмет – диегетический интерфейс в VR квесте.

Цель работы – разработать диегетический интерфейс для игры в виртуальной реальности в жанре квест.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие **задачи**.

1 Определить специфику диегетического интерфейса в VR играх.

2 Разработать концепт VR квеста.

3 Реализовать прототип диегетического интерфейса игры для главного меню и игровой сцены.

4 Разработать 3D модели и настроить анимацию игровых объектов виртуальной среды квеста.

Теоретико-методическая базы основана на работах, посвященных разработке интерфейсов компьютерных игр и игр в виртуальной реальности, созданных как бывшими, так и действующими UI и геймдизайнерами (М. Эндрюс, С. Эпплби, А. Деруэтт, Г. Скофилд, Б. Франклин, Э. Адамс). Для реализации прототипа также были изучены документации к программному обеспечению Unity, Blender, Substance Painter, используемому в данном проекте.

Теоретическая значимость заключается в возможности использования опыта, полученного в ходе разработки диегетического интерфейса для создания компьютерной игры в виртуальной реальности.

Практическая значимость заключается в разработке прототипа компьютерной VR игры, использующего диегетический интерфейс.

Структура работы состоит из введения, двух глав, заключения и списка литературы.

В первой главе на основе игр-аналогов рассмотрена специфика диегетических интерфейсов VR игр, их достоинства и недостатки. Также были рассмотрены текущие аппаратные и программные средства разработки.

Во второй главе описаны выбор средств разработки, концепция и технологии реализации прототипа игры. Представлены элементы диегетического интерфейса (главного и внутриигрового меню, а также внутриигровых интерактивных объектов).

В заключении приведены краткие результаты и рефлексия о проделанной работе.

Список литературы представлен 55 источниками, в том числе на иностранном языке за последние пять лет.

Материалы по исследованию особенностей диегетических интерфейсов опубликованы в сборнике XXIV международной конференции молодых учёных «Актуальные проблемы социальных наук – 2022».

1 Особенности разработки интерфейсов VR игр

1.1 Области применения технологий виртуальной реальности

Виртуальная реальность (англ. virtual reality или VR) – искусственно созданный компьютерными технологиями мир, с которым человек может взаимодействовать [51].

Первое устройство виртуальной реальности Sensorama (Рисунок 1.1) было изобретено в 1957 году американским кинематографистом и изобретателем Мортоном Хилингом [4]. Оно представляло собой громоздкую стационарную установку, внутри которой располагался стереоскопический экран и стереодинамики, а пользователь должен был сидеть на стуле.

Рисунок 1.1 – Sensorama

Установка не имела успеха, однако стала прототипом для будущих устройств виртуальной реальности. В качестве примера современного VR устройства можно привести шлем виртуальной реальности Oculus (Meta) Quest 2. Данная гарнитура была запущена в продажу в октябре прошлого года и на текущий момент уже превысила отметку продаж в 10 млн экземпляров и тем самым превзошли показатели продаж гарнитур Oculus Rift, Oculus Go, Oculus RIft S и оригинального Quest вместе взятых [26]. Цена такой гарнитуры составляет $299 и представляет собой автономную гарнитуру, для которой не

требуется дополнительное оборудование, что обеспечивает высокую доступность к VR широкому кругу пользователей.

В настоящее время технологии виртуальной реальности получают все большую популярность во множестве областей.

Образование

Использование виртуальной реальности в образовании позволяет более эффективно вести лекции, проводить тренинги, показывая обучающимся все аспекты реального процесса или объекта, что улучшает скорость и эффективность усвоения материала. Технологии трехмерной компьютерной визуализации представляют множество возможностей в обучении студентов и персонала в различных профессиональных отраслях, таких как машиностроение, архитектура или любого другого проектирования в целом. Использование вместо классических чертежей устройств и конструкций трехмерных моделей в виртуальной реальности, которые можно рассмотреть более детально (например, изменить размер, вращать или оказаться внутри) позволяет существенно сократить время проектирования, а также быстро исправить недостатки разрабатываемой конструкции [21, 5].

Также данные технологии используются при обучении врачей. Благодаря системам виртуальной реальности мы можем создавать максимально достоверные обучающие симуляторы. Например, программа-симулятор HumanSim [20], позволяющая изучить основы общения с пациентом, оказания первой помощи и др. Такие приложения могут использоваться для обучения бригад скорой помощи и МЧС действовать под высоким давлением, оказывая первую помощь. При помощи VR технологии студенты медицинских вузов изучают анатомию человека до мельчайших деталей, и, например, уже сейчас в учебную программу Стэнфордского университета входит изучение анатомии сердца при помощи виртуальной реальности [34]. Использование виртуальных трупов для практики намного дешевле, чем использование реальных, а множество сложных операции можно

предварительно смоделировать заранее, что позволит подготовиться к различным ситуациям [15, 7].

Такое обучение повышает качество квалификации будущих врачей, позволяя проводить различные операции без риска совершения ошибок, так как трехмерные технологии помогают хирургу лучше воспринимать информацию о пациенте, а согласно авторам статьи [50], использование VR позволяет повысить точность хирургического вмешательства.

Использование виртуальной реальности также позволяет отрабатывать действия персонала в экстремальных ситуациях, которые ранее не было возможно провести, например, при пожаре на нефтяной вышке [14]. Если раньше такой тренинг был только теоретическим, то с использованием VR технологий мы можем проводить такие симуляции, чтобы отрабатывать действия команды.

Другой вариант – использование VR для тренировки soft skills. Например, компания «Газпром нефть» уже использует технологии виртуальной реальности для проведения практических курсов по менеджменту «Проведение совещаний» [18]. Данный курс позволяет моделировать реальные рабочие ситуации, которые могут возникнуть у руководителя или других сотрудников компаний. Согласно отчетам компании, более 80% обучающихся выбрали данный метод обучения, как более эффективный, а затраченное время, необходимое для развития у пользователя нужного навыка, было в 4 раза меньше, чем при обучении в очной форме.

Виртуальные музеи

Если раньше виртуальный тур по художественной галерее использовался больше для маркетингового хода с целью привлечь внимание большего числа посетителей, то сейчас виртуальные музеи стали необходимой потребностью и большинство культурных объектов или крупных музеев мира уже можно посетить. Например, Boulevard [33] позволяет посетить Британский музей. Такой виртуальный тур создает эффект присутствия и дает

возможность получить подробную информацию о всех экспонатах и рассмотреть их более детально.

Использование виртуальной реальности позволяет музеям дать возможность побывать в той или иной эпохе, учитывать большое разнообразие запросов посетителей, что вероятно приведет к большему их числу. Такая практика также позволит посетителям более детально запоминать полученную в ходе виртуального тура информацию.

Маркетинг

Использование виртуальной реальности также нашло свое применение в маркетинге. Сейчас активно стал набирать популярность 360 градусный маркетинг [44], несмотря на то, что сначала он был ограничен только изображениями. Новые инновационные подходы в технологиях видео в VR позволили зрителям погрузиться в 360-градусное видео, что привело к росту инвестиций в данную технологию различными популярными брендами, так как это дает новые возможности в привлечении новых покупателей и поддержки выхода на рынок новых продуктов.

В качестве примера можно привести решение от одного из популярного производителя автомобилей Volvo. Для сбора предзаказов на автомобиль класса люкс Volvo XC90 компания провела виртуальный тест драйв, с использованием приложения разработанных на базе Google Cardboard VR очков. Это позволило будущим водителям осмотреть автомобиль еще до предзаказа или покупки. В результате такого маркетингового хода компания продала первую партию автомобилей своих новых автомобилей за 2 дня, а количество пользователей, попробовавших данное приложение составило 40 тыс. [24].

Компьютерные игры

Безусловно, драйвером развития технологий VR остается индустрия развлечений и в большей степени компьютерные игры. Все большее число разработчиков игр смотрит на данную технологию и сейчас уже начинают выходить полноценные AAA-проекты. Так, например, выход игры Half Life:

Alyx многие начинаю считать примером будущего VR игр [25]. Использование виртуальной реальности в компьютерных играх позволит закрыть пропасть между игроком и игрок, усиливая погружение в игровой процесс, сюжет и его детали.

Однако, помимо более глубокого погружения VR также предоставляет возможности для использования новых, ранее не доступных игровых механик. Например, ритм игра Beat Saber, где игрок при помощи мечей должен в ритм музыки «разрезать» летящие в него кубы с определенных сторон, а также уклоняться от летящих на него стен.

Технологии реализации VR в компьютерных играх являются комплексными и представлены аппаратными и программными средствами. Безусловно оба этих компонента оказывают значительное влияние на проектирование интерфейсов, далее рассмотрим их подробнее.

1.2 Технологии реализации VR в компьютерных играх

1.2.1 Аппаратные решения VR

Аппаратные решения являются представляют собой различные VR устройства, при помощи которых мы можем погружаться в виртуальные миры. На сегодняшний день самым популярным способом такого погружения является использование VR гарнитуры, представленных в виде шлема или очков. Система внутри такой гарнитуры в первую очередь состоит из одного или двух дисплея для вывода изображения и оптической системы для фокусировки глаз, и корректировки геометрии изображения. Помимо линз и дисплея, внутри также присутствую различные системы отслеживания положения и поворота головы в пространстве, состоящие из гироскопов и акселерометров, что позволяет пользователю осматриваться внутри виртуального мира.

Анализируя рынок современных шлемов виртуальной реальности, можно выделить два основных типа: мобильные устройства и полные комплекты.

Мобильные устройства представляют собой устройства-оболочку, внутрь которого вставляется смартфон изображения, с которого при помощи линз проецируется в глаза пользователю. В качестве примера можно привести шлем Samsung Gear VR (Рисунок 1.2).

Рисунок 1.2 – Samsung Gear VR

Основным преимуществом данного вида гарнитур является возможность использовать их без компьютера в любом месте и в любое время, так как они работают и питаются от установленного в них смартфона, а также низкая цена. Однако, у таких шлемов есть существенный недостаток, заключающийся в невозможности отслеживания всех степеней свободы. Мобильные гарнитуры способны отслеживать только вращения головы или 3-DoF, в отличии от полноценных шлемов, которые способны отслеживать также и перемещение пользователя в пространстве или 6-DoF (Рисунок 1.3). Также в большинстве случаев данные шлемы на снабжаются контроллерами, вследствие чего не способны отслеживать положения рук, что лишает возможности интерактивного взаимодействия с предметами внутри игры при помощи рук.

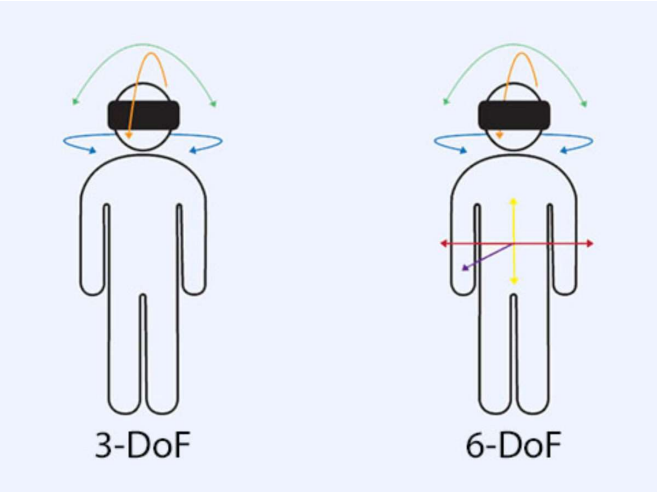


Рисунок 1.3 – Сравнение 3-DoF и 6-DoF

Также стоит отметить, что мобильные шлемы в виду того, что работают от установленного в них смартфона, технически не способны запускать приложения для требовательные к ресурсам устройства, например, компьютерные игры с высокой графикой.

Полноценные VR шлемы в большинстве случаев используются совместно с ПК или консолью. Они способны полноценно отслеживать шесть степеней свободы, а также запускать приложения с высокими системными требованиями. В качестве такого шлема можно привести, например, HTC Vive (Рисунок 1.4).

Рисунок 1.4 – HTC Vive

Такие шлемы поставляются с контроллерами для рук, отслеживаемые в пространстве, а в некоторых случаях (например, контроллеры Valve Knuckles (Рисунок 1.5)) способны отслеживать положение пальцев, что обеспечивает возможность взаимодействия при помощи рук игрок внутри игры.

Рисунок 1.5 – 3D-контроллер Valve Knuckles

Такие шлемы технически также намного совершеннее мобильных, поскольку не зависят от установленного в них смартфона, имеют более качественный экран, обеспечивающий широкий угол обзора и глубокое погружение. Однако такие шлемы имеют высокую цену.

Помимо мобильных и полноценных гарнитур виртуальной реальности недавно появился новый тип VR шлемов – автономные. Такие шлемы сочетают в себе плюсы как мобильных, так и полноценных шлемов, позволяя запускать требовательные приложения без использования ПК. В качестве такого примера можно привести шлем Oculus (Meta) Quest 2, представленный на рисунке 1.6.

Рисунок 1.6 – Oculus Quest 2

Данный шлем является полностью автономным и не требует наличия ПК или консоли, однако способен к ним подключаться при помощи провода или через Wi-Fi. Совмещая в себе возможность запуска требовательных игр и полноценную автономность принесло данному шлему высокую популярность и как показывает статистика Steam (Рисунок 1.7) [42] данный шлем присутствует почти у 48% пользователей, имеющих VR шлем.

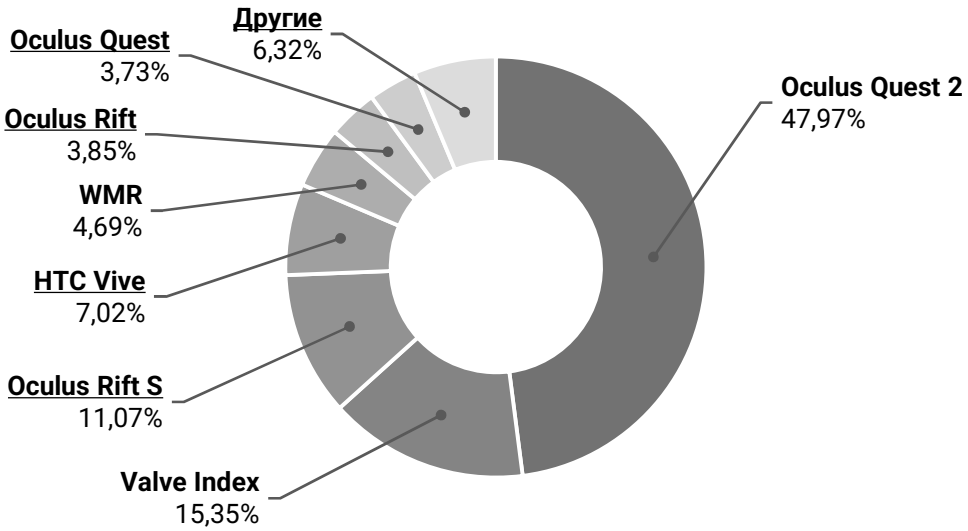


Рисунок 1.7 – Статистика пользователей VR шлемов

Также для более глубокого погружения в виртуальный мир могут использоваться дополнительные отслеживающие системы.

1. Системы отслеживания глаз или eye tracking позволяют определить направление взгляда человека. Однако такие системы пока что не используются в потребительском сегменте VR технологий и зачастую их можно встретить только в медицинских и научных исследованиях.

2. Отслеживание телодвижения или motion tracking при помощи специальных датчиков, например, HTC Vive Tracker (Рисунок 1.8) или видеокамеры, направленной на человека.

Рисунок 1.8 – HTC Vive Tracker

3. Другие устройства с обратной связью, например, перчатки с тактильной отдачей [10] или жилет (Рисунок 1.9 и 1.10) или жилет, позволяющий передать прикосновения в VR через вибрацию.

Рисунок 1.9 – Перчатки Meta с тактильной отдачей

Рисунок 1.10 – Тактильный жилет

Использование перечисленных выше аппаратных решений позволит расширить возможности для взаимодействия с интерфейсами приложений виртуальной реальности. Особенно это относится к использованию перчаток с тактильной отдачей, поскольку это позволить расширить возможности для взаимодействия с интерфейсом посредством полноценного отслеживания пальцев, а также полной тактильной отдачей. Однако разработка и внедрение таких устройств находится пока на ранней стадии и не имеет широкой популярности.

1.2.2 Программные средства

На сегодняшний день на рынке не существует какого-то конкретного программного средства, которое позволяет разрабатывать именно VR приложения и для их разработки используют игровые движки – специальное программное обеспечение, предоставляющего разработчикам компьютерных игр не только инструменты, которые сокращают время разработки, а также давая возможность сборки готового приложения для различных платформ (то есть, кроссплатформенность), что позволит избежать повторной разработки под различные устройства. На рынке программного обеспечения можно найти большое количество игровых движков, поэтому разработчики игр должны решить, какой подходящий под конкретную ситуацию выбрать игровой движок, который будет предоставлять в процессе разработки необходимые инструменты. Однако стоит учитывать, что ряд игровых движков некоторые компании разрабатывают для внутреннего использования, а значит не доступны для широкого пользования.

Всегда есть возможность создать собственный игровой движок. В таком случае его преимуществом будет улучшенная специализированность под конкретные требования, а также он будет работать быстрее, так как универсальность всегда медленнее и менее производительна [6]. Однако разработка собственного движка – процесс очень трудоемкий, требующий большого количества времени на разработку и тестирование, поэтому

использование готового решения, имеющего необходимые инструменты, является целесообразным выбором. Следовательно, следует провести анализ современных имеющихся на рынке игровых движков.

Unreal Engine 5

Unreal Engine 5 (Рисунок 1.11) – игровой движок нового поколения, разработанный компанией Epic Games, как обновленная версия Unreal Engine 4. Движок поддерживает большинство платформ, в число которых входит PC (Windows, Linux, Mac OS), консоли PlayStation 4 и Xbox One, Nintendo Wii и Switch, а также мобильные платформы iOS и Android и прочие [48].

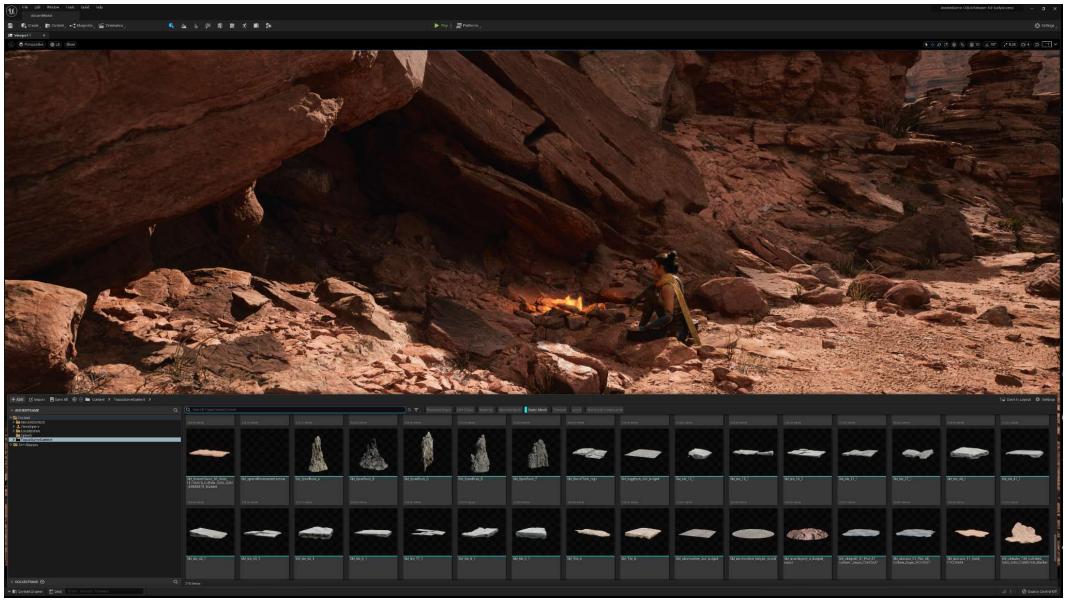


Рисунок 1.11 – Интерфейс Unreal Engine 5

Данный движок поддерживает работу большинства VR устройств, а также поддерживает возможность работы с универсальной библиотекой OpenXR, используемой для разработки кроссплатформенных VR приложений.

Отличительной особенностью данного игрового движка является возможность написания сценариев с помощью системы визуального программирования Blueprint (Рисунок 1.12), в результате чего разработка может быть ускорена, так как нет необходимости изучать и писать код. Помимо этого, данный движок поддерживает написание скриптов с использованием языка программирования C++, которые также можно

сочетать с Blueprint, что позволяет писать для данной системы собственные компоненты [48].

Рисунок 1.12 – Система Blueprint в Unreal Engine 5

Из плюсов данного движка можно выделить возможность создавать игры с качественной визуальной составляющей и большой выбор имеющихся инструментов. Как показывает практика данный движок наиболее популярен для создания больших AAA-проектов, разрабатываемых в крупных игровых студиях, а также открытость исходного кода, в результате чего движок можно дорабатывать самостоятельно если есть необходимость.

Игровой движок распространяется абсолютно бесплатно. С 1 января 2020 года Epic Games изменили правила пользования движком, согласно которым отчисления в размере 5% от продаж игры обязательны только после получения разработчиком прибыли в размере $1 млн. [29].

Однако из минусов можно выделить то, что для полноценной работы редактора требуется большое количество вычислительных ресурсов, а изучение работы системы blueprint и языка программирования C++ требует значительного времени. Так как в команде нет опыта работы с данным игровым движком, а быстрота разработки является одним из ключевых факторов, то данный игровой движок не является лучшим кандидатом для разработки проекта.

Cry Engine 5

Игровой движок (Рисунок 1.13) разрабатывается компанией Crytek. Как и Unreal Engine 5, данный движок позволяет разрабатывать игры качества AAA для большого количества разнообразных платформ. В наличии также имеется удобный редактор сцен. Программа имеет открытый исходный код. Игровой движок позволяет разрабатывать проекты с использованием языка программирования C#, C++, или при помощи системы визуального создания сценариев Flowgraph [36].

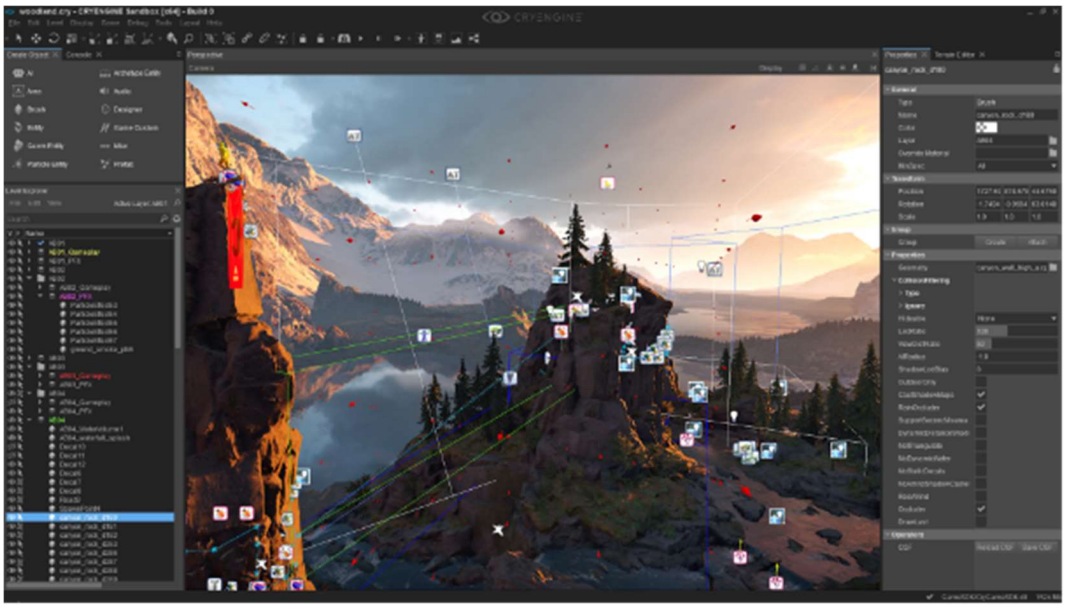


Рисунок 1.13 – Интерфейс Cry Engine 5

Игровой движок поддерживает работу с VR, однако, по сравнению с другими движками, функционал для работы с виртуальной реальностью Cry Engine 5 несколько ограничен. Например, он не поддерживает OpenXR, а возможность разработки для мобильных пока находится в бета тестировании [35], вследствие чего данный игровой движок не подойдет для разработки проекта.

Unity

Игровой движок (Рисунок 1.14) создан компанией Unity Technologies. Этот игровой движок позволяет создавать как 3D, так и 2D игры на большое количество платформ, в число которых входят компьютеры, современные

игровые консоли и мобильные системы, а также возможность создания интернет-приложений [46].

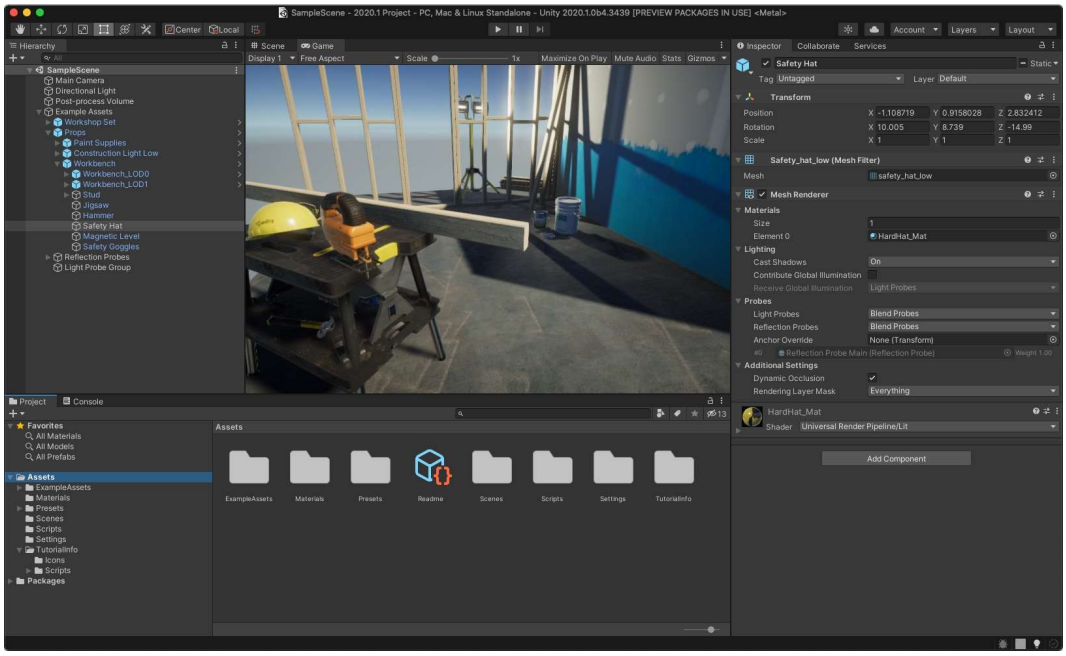


Рисунок 1.14 – Интерфейс Unity

Unity поддерживает большинство современных VR гарнитур, а также современные библиотеки для разработки приложений для виртуальной реальности, включая OpenXR. В наличии имеется готовое решение для быстрого создания VR игр – XR Interaction Toolkit [55]. Также данный движок позволяет создавать качественную графику при помощи Universal Render Pipeline [47].

Unity используется как крупными студиями, позволяя создавать кроссплатформенные игры с качественной графикой, так и имеет популярность у инди-разработчиков из-за своей простоты, предлагая гибкое визуальное редактирование объектов и низкие системные требования.

Движок распространяется бесплатно, однако для коммерческого использования при доходе свыше $100 тыс., требуется наличие подписки, стоимостью от $399 в год.

Рассмотренные выше аппаратные и программные решения позволяют сформулировать следующие выводы.

1. Наличие высокого роста популярности автономных гарнитур, совмещающих достоинства как мобильных, так и стационарных VR

устройства, открывает возможности для разработки приложений с развитым интерфейсом, с которым мы можем взаимодействовать, используя не только поворот головы, но и контроллеры в руках пользователя.

2. Использование дополнительных датчиков и устройств отслеживания, в особенности перчаток с тактильной отдачей, также позволит расширить взаимодействие с интерфейсами и тактильную отдачу от них. Однако такие устройства находятся еще только на стадии разработки и внедрения, а, следовательно, еще не получили широкого распространения.

3. Современные игровые движки способны предоставить все необходимые инструменты для разработки VR приложений, независимо от платформы, и имеют в наличии большое количество различных инструментов, используя которые мы можем разработать разные типы интерфейсов любой степени сложности.

Далее рассмотрим различные типы интерфейсов, используемых в компьютерных играх.

1.3 Место диегетического интерфейса в классификации интерфейсов VR приложений

Интерфейс – это способ, которым пользователь может взаимодействовать с программой или аппаратным устройством [49]. Пользовательский интерфейс охватывает как графическую составляющую, так и голосовой, звуковой, тактильный и прочие виды.

Разработка интерфейса для компьютерных игр является одной из самых важных частей разработки [16]. В компьютерных играх он непосредственно связан с гейм-дизайном, именно интерфейс будет определять то, как игрок и игра будут взаимодействовать друг с другом. В зависимости качества его исполнения в дальнейшем будет зависеть удобство взаимодействия и понимание пользователем игровых механик.

Разработку интерфейса для приложений разделяют на две основных составляющих: проектирование внешнего вида и взаимодействия с

пользователем. К проектированию внешнего вида (с англ. User Interface, сокращенно UI) относится то, как расположены элементы, их цвет и форма, а также текстовая информация, ее вид и другое. К проектированию взаимодействий пользователя (с англ. User Experience, сокращенно UX) относится то, каким образом пользователь будет работать с системой, чтобы достичь нужной цели. Если вопросы проектирования и разработки систем с двухмерной средой понятны, то на какие аспекты обратить внимание при проектировании интерфейса для трехмерной среды – требуется определить [12].

В отличии от привычных мобильных и десктопных приложений, где интерфейс располагается на двумерной плоскости, дизайн интерфейса для трехмерной виртуальной среды требует особый подход. Нужно одновременно сохранять баланс между удобством пользования и расположением элементов интерфейса внутри виртуальной среды, поэтому дизайн интерфейса для VR является одним из наиболее сложных аспектов разработки.

Согласно основателям дизайн студии Kickpush Сэму Эпплби и Алексу Деруэтт, с точки зрения дизайнера все VR-приложения состоят из двух основных компонентов: среды и интерфейса [31].

В зависимости от сложности этих двух компонентов все VR-приложения можно расположить в двумерной системе координат.

Предлагаются две оси: вертикальная ось характеризует наличие или отсутствие виртуальной среды (виртуальная среда представляет собой мир, где окажется пользователь, надев VR шлем), горизонтальная ось показывает наличие или отсутствие интерфейса (интерфейс – набор элементов, с которыми пользователь взаимодействует, чтобы ориентироваться в среде). Их пересечение создает матрицу из четырех четвертей, в трех из которых можно разместить типы интерфейсов (Рисунок 1.15).

В левом верхнем квадранте находятся такие приложения, как симулятор американских горок или виртуальный музей. У них очень развита среда, но совершенно отсутствует интерфейс. В случае симулятора американских горок

пользователя просто запирают в кабинке на все время поездки. В противоположном правом нижнем квадранте находятся приложения с развитым интерфейсом, но с минимальной средой, например, главное меню шлема Samsung Gear или Oculus Quest 2.

В верхнем правом углу расположены приложения, которые совмещают проработанные виртуальную среду и интерфейс. Именно здесь располагаются большинство VR приложений, а также компьютерные игры, в особенности те, что используют концепцию диегезиса.

Рисунок 1.15 – Классификация интерфейсов VR приложений

Одной из главных характеристик виртуальной реальности, безусловно, будет иммерсивность – степень погружения или нахождения игрока в VR среде, так как за счет отслеживания положения головы и рук игрока формируется новый пользовательский опыт с интерактивной средой. Под иммерсивностью подразумевается эффект присутствия – понимание игроком того, что он находится в том же положении, что и его персонаж. Например, когда игрок ощущает на себе прикладываемую персонажем физическую силу для совершения определенного действия.

Элементы интерфейса игры влияют на иммерсивность [2] не только через визуальное восприятие, но и через отклик самой игры на взаимодействие с ним. Они могут как усилить этот эффект, так и наоборот раздражать

пользователя и напоминать ему об искусственности данного мира. В тех случаях, когда важно максимально сохранять иммерсивность разработчики делают акцент на так называемых диегетических интерфейсах [37]. Диегезис – это адаптированная концепция, используемая в литературе, кино и театре. Концепцию диегезиса в компьютерных играх описал геймдизайнер Маркус Эндрюс [30]. Она предполагает, что игровой персонаж и игрок одинаково воспринимают события и явления, происходящие в игре. Диегезис – это все, что является истинным внутри игрового мира. Например, персонажи, вещи, события или даже законы природы. Все, что расположено в рамках диегезиса, принято называть дигетичным, а снаружи – недеегитичным. Диегетический интерфейс – это интерфейс, отображаемый в мире игры, а не поверх него [17].

В данной концепции имеется два основных понятия: повествование или нарратив и четвертая стена.

Нарратив представляет собой описание мира игры или лор (англ. lore), его законы, историю и сюжет. Четвертой стеной называют «невидимую» стену, отделяющую зрителя от сцены. Говорят, что актер ломает четвертую стену, когда начинает обращаться непосредственно к зрителям, вовлекая зрителя в процесс. С компьютерными играми в данном случае намного сложнее, поскольку игровой мир сильно отличается от привычной сцены в кино или зала в театре, игроку нужно самому пройти четвертую стену. И в зависимости от интерфейса, который игрок видит перед собой будет зависеть, насколько легко ему будет ее преодолеть, а, следовательно, эффект присутствия.

Основываясь на компонентах нарратива и четвертой стены, мы можем использовать два вопроса, определяющих, является ли интерфейс игры диегетическим.

1. Элемент интерфейса является частью нарратива?
2. Элемент интерфейса расположен за четвертой стеной?

Используя пересечения ответов на вопросы, разработчики и исследователь Маркус Эндрюс создал матрицу (Рисунок 1.16) [30], по которой можно определить тип интерфейса.

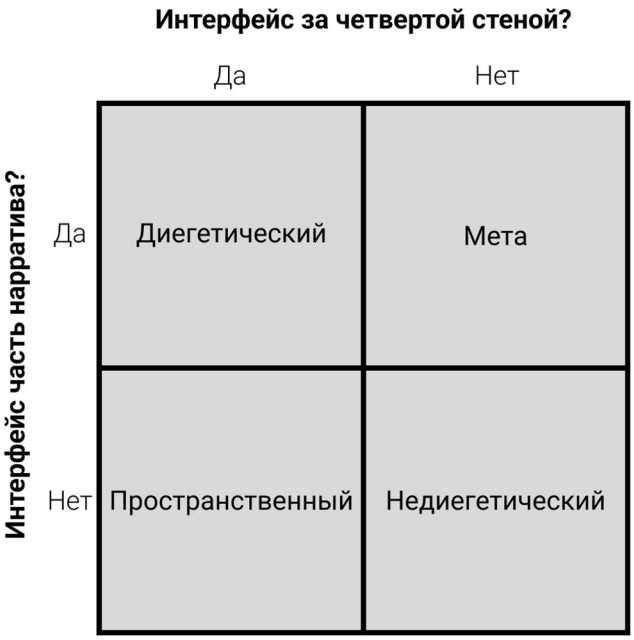


Рисунок 1.16 – Виды интерфейса

Когда интерфейс является диегетическим, он существует внутри игрового мира, и у пользователя есть возможность с ним взаимодействовать, получая обратную связь, что усиливает иммерсивность и ускоряет адаптацию к цифровому пространству. Простым примером такого интерфейса может быть использование настоящих часов на руках пользователя для слежения за временем внутри виртуальной реальности, что позволяет ему получать информацию, не обращаясь к элементам за пределами виртуального мира. Меню приложения, использующего диегетический интерфейс также может быть представлено в виде виртуальной комнаты, в которой пользователь выбирает его элементы в виде предметов окружения, максимально задействующие контроллеры VR шлема. Такой подход также поможет пользователю ознакомиться с базовым функционалом приложения и подготовиться к непосредственному переходу в виртуальный мир.

В большинстве случаев разработчики стараются делать именно диегетические элементы интерфейса, интегрированные в сцену, максимально задействующие контроллеры в руках пользователя. Например, кнопку нужно

нажать, физически коснувшись ее контроллером или потянуть рычаг, ящик стола выдвинуть, а предмет подобрать и так далее. Также данные интерфейсы идеально подойдут для обучающих симуляторов, так как способны моделировать процессы для обучения персонала.

Однако стоит понимать, что внедрение интерфейса внутрь виртуального пространства может привести к его усложнению. Визуально интерфейс может является диегетическим, но при этом он не будет обеспечивать необходимый пользовательский опыт. В изобилии большого количества интерактивных предметов можно легко запутаться. В этом случае на помощь приходят пространственные интерфейсы. Пространственный интерфейс визуализируется в пространстве, но не является его частью, например, подсветка интерактивных предметов или субтитры, которые расположены в виртуальной среде, но не является ее частью. Такие интерфейсы могут облегчить навигацию по виртуальному пространству, так как информация предоставляется только там, где должно быть сфокусировано внимание пользователя. Также сложные элементы интерфейса приложений, или меню, где не требуется диегетический интерфейс, как, например, меню настроек, где важно, в первую очередь, удобство, могут быть выполнены в виде пространственных интерфейсов.

Помимо пространственных интерфейсов также существуют мета интерфейсы, которые являются частью виртуальной среды, но не расположены внутри ее, а отображаются на плоскости перед глазами пользователя, сигнализируя об определенной информации. В качестве примера такого интерфейса можно привести брызги воды на экране. Она является частью игрового мира, но расположена на плоскости экрана, а не внутри игрового мира. Однако зачастую в виртуальной реальности мета интерфейсы располагаются на экране наблюдателя. Он также является частью нарратива, но не частью среды.

Недиегетический интерфейс не является частью виртуального мира и расположен не внутри него, а на плоскости, перед глазами игрока. Чаще такой

вид интерфейса называют HUD (англ. head up display). Несмотря на то, что такой вид интерфейса вмещает в себя максимальное количество информации, для приложений в виртуальной реальности такой интерфейс использовать плоский или мета интерфейс нельзя, так как он закрывает обзор внутри виртуального пространства, а расположение его по краям экрана VR шлема невозможно из-за оптического эффекта размытия изображения, вследствие кривизны используемых в шлемах линз.

На рисунке 1.17 представлено схематическое расположение разных типов интерфейсов[1] на игровом экране.

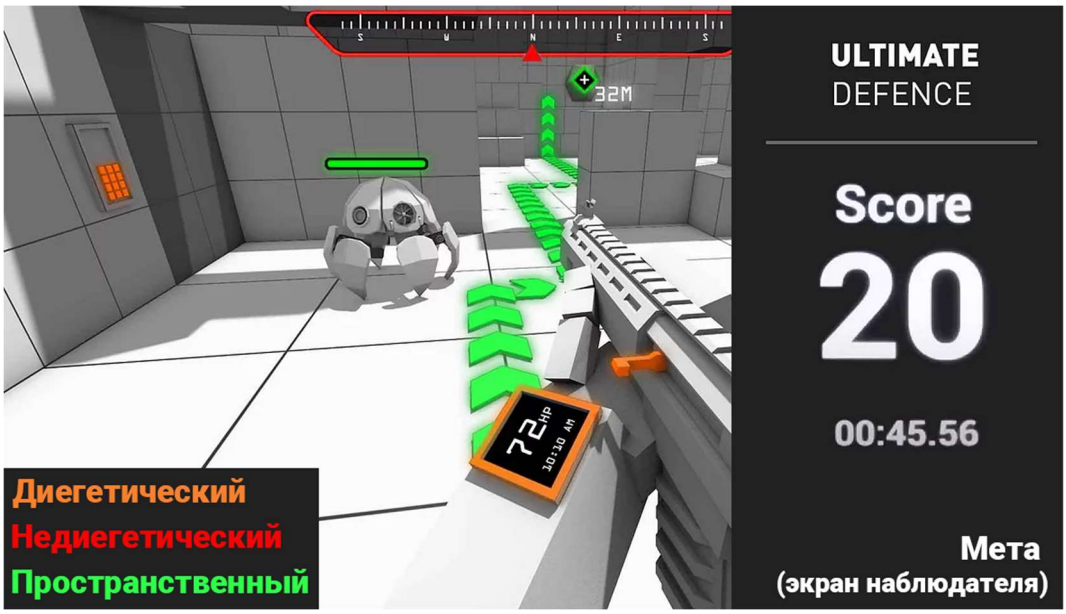


Рисунок 1.17 – Схематичное изображение видов интерфейса

Таким образом диегетические интерфейсы одновременно существуют как для игрока, так и игрового персонажа и находятся внутри игрового мира и его нарратива. Недиегетические интерфейсы практически не используются в виртуальной реальности, поскольку их расположение на плоскости экрана перед глазами игрока может вызвать дискомфорт из-за наличия размытия или возможного перекрытия обзора. Мета интерфейсы зачастую представляет собой интерфейсы, располагающиеся на экране наблюдателя виртуальной реальности. Пространственный интерфейс, который является часть

[1] Designing for Virtual Reality // Createxion. [S. l.], 2022. URL: https://www.createxion.com/design-for-vr (access date: 02.06.2022).

виртуального мира, но не нарратива, может использоваться как дополнение к диетическому для фокусировки внимания пользователя или как его аналог, если использование диегетического интерфейса не требуется.

1.4 Диетические интерфейсы VR- игр: анализ аналогов

Для того, чтобы определить основные особенности диетических интерфейсов в виртуальной реальности, рассмотрим то, какие приемы используют разработчики VR игр в большей степени в жанре квест (именно в этом жанре будет разработан проект в рамках данной работы). Немаловажным критерием являются также оценки пользователей, показывающих то, насколько данная игра была хорошо принята игроками.

Для анализа были выбраны игры в жанре квеста, выпущенные в период с 2016 по 2021, входящие в рейтинг популярных игр по версии интернет-журналов PC Magazine [45] и CNET [43].

Mission: ISS

Игра разработана в 2017 году командой Magnopus эксклюзивно для шлемов Oculus и представляет собой симулятор астронавта на международной космической станции. Игра создавалась совместно с космическим агентством США, и разработчики консультировались с астронавтами NASA. В игре есть различные интерактивные объекты, соблюдающие симуляцию невесомости. Игроку предлагается выполнить различные миссии, например, выход в открытый космос или состыковать модуль используя, роботизированный манипулятор «Канадарм 2». В ходе выполнения заданий игрок также может ознакомится с устройством работы МКС через архивные видеоматериалы. Игра получила большое количество положительных отзывов и была номинирована на премию Эмми в категории «Оригинальная интерактивная программа 2017» [41]. Средняя оценка в Oculus Store составила 4,2 из 5. Пользователи отмечают высокий уровень детализации и погружения, благодаря симуляции невесомости и наличию интерактивных событий, а также грамотно проработанному и удобному интерфейсу (Рисунок 1.18).

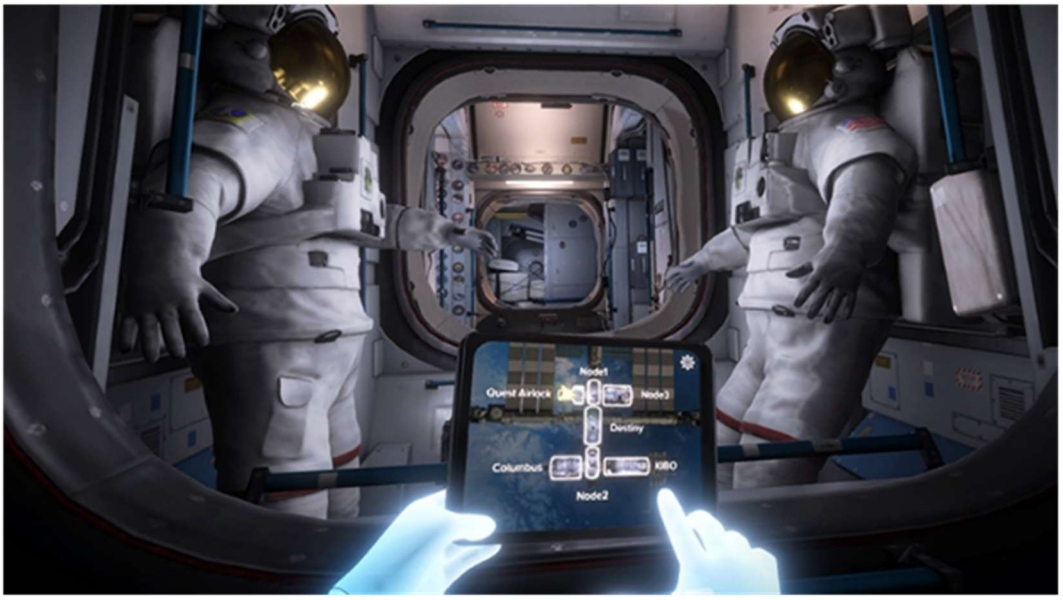


Рисунок 1.18 – Меню паузы игры «Mission: ISS»

Большая часть интерфейса игры является диегетическим. Например, меню паузы игры выполнено в виде планшета, с которым нужно физически взаимодействовать, используя контроллеры шлема Oculus. В меню мы можем осуществлять быстрое перемещение по МКС, открыть меню настроек или выйти из игры. Также управление роботизированной рукой выполнено в виде реальной панели, установленной на МКС (Рисунок 1.19), с которой также нужно взаимодействовать, используя контроллеры. Однако при взаимодействии с интерфейсом управления роботизированной рукой присутствует проблема, заключающаяся в отсутствии индикации интерактивных объектов, в результате чего сложно определить, с какими элементами у данного прибора мы можем взаимодействовать.

Рисунок 1.19 – Интерфейс управления системой «Канадарм 2» в игре «Mission: ISS»

Интерфейс данной игры является хорошим примером для проектирования будущего проекта, однако следует учитывать приведенные выше недостатки.

Arizona Sunshine

Игра в жанре зомби-апокалипсис разработана в 2016 году компанией Vertigo Games. В ней игроку необходимо исследовать окружение и найти выживших. При помощи контроллеров он может взаимодействовать с интерактивными объектами. Игра получила большое количество положительных отзывов, на Metacritic она набрала 81/100 баллов пользовательской оценки. Стоит отметить, грамотный подход разработчиков данной игры к созданию интерфейса. В игре главное меню представляет собой безопасную комнату с проектором и кассетами, через установку которых пользователь осуществляет переход между элементами меню или непосредственно в игру (Рисунок 1.20).

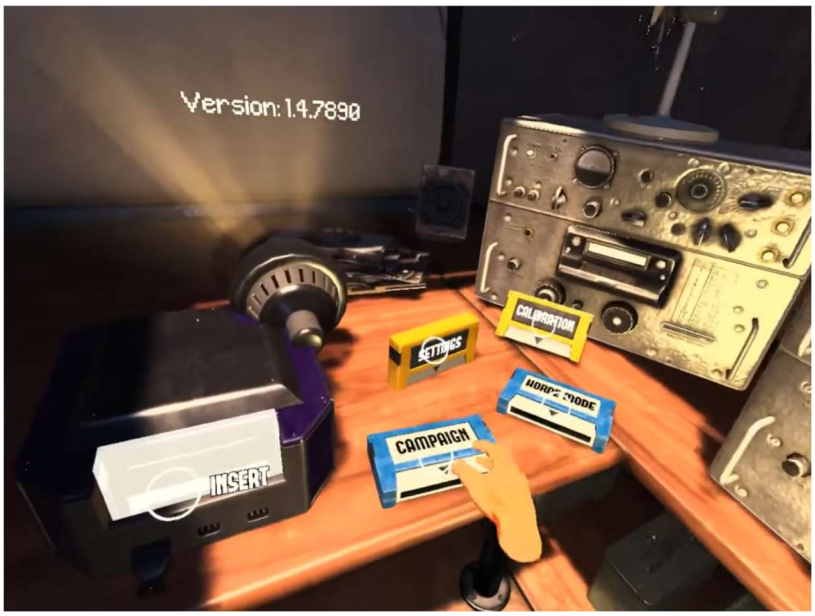


Рисунок 1.20 – Меню игры Arizona Sunshine

Так как в данной комнате пользователь имеет возможность взаимодействовать с большим количеством объектов, чтобы облегчить навигацию пользователя в игре присутствует пространственный интерфейс, интерактивные объекты для взаимодействия с меню обозначены кругами. Такой подход поможет пользователю ознакомиться с базовым функционалом приложения и подготовиться к непосредственному переходу в виртуальный мир.

Также внутри самой игры индикатор здоровья выполнен в виде часов на руке пользователя (Рисунок 1.21).

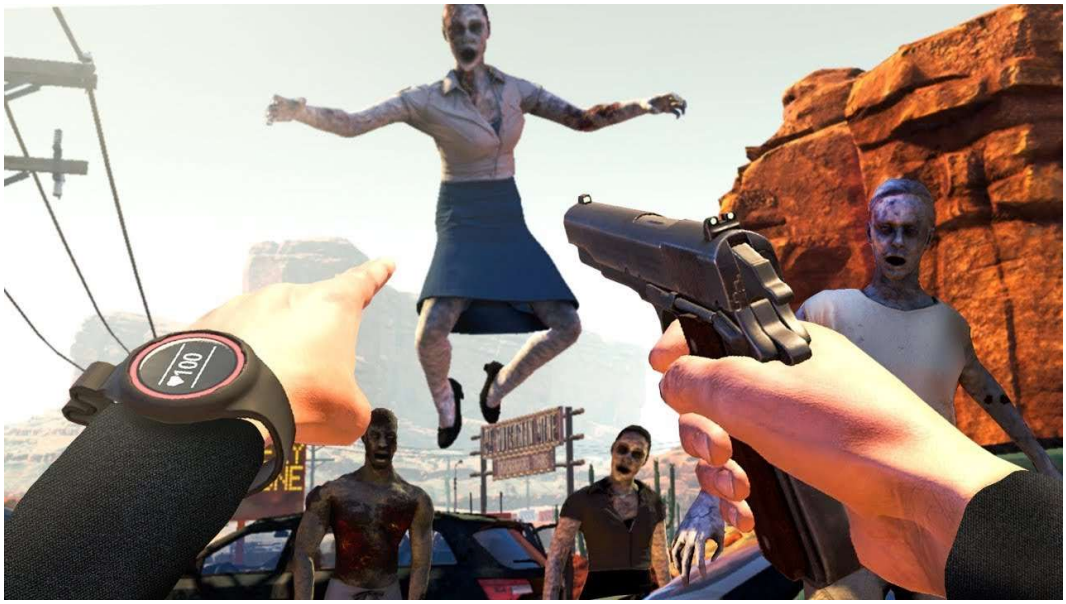


Рисунок 1.21 – Индикатор здоровья персонажа Arizona Sunshine

Использование такого интерфейса позволяет через знакомые пользователю жесты и движения получать информацию о количестве здоровья персонажа, что также будет способствовать большей иммерсивности пользователя в игровой процесс.

Lone Echo

Приключенческая игра в виртуальной реальности разработана в 2017 году компанией Ready at Dawn и выпущена Oculus Studios, эксклюзивно для шлемов Oculus Rift, а в дальнейшем и для Oculus Quest и Quest 2. В 2021 году было выпущено продолжение Lone Echo 2. Игрок управляет андроидом по прозвищу Джек на борту космической станции «Кронос», находящейся на орбите Сатурна. Игра получила большое количество положительных отзывов, а IGN назвали игру выдающимся образцом реализации невесомости в виртуальной реальности [38].

Геймплей игры включает в себя перемещение в невесомости. Игрок может отталкиваться от виртуальных объектов или цепляться за них, а также может использовать миниатюрные реактивные двигатели на запястьях игрового персонажа. Геймплей игры включает в себя головоломки, чаще всего связанные с поиском в трехмерном мире игры тех или иных объектов и их перемещением с места на место.

Интерфейс игры довольно простой, большинство объектов для взаимодействия обозначены пространственным компонентом в виде треугольника (Рисунок 1.22), при наведении на который появляется его описание. Такой подход ускоряет навигацию, но большое их наличие вполне способно отвлечь пользователя от происходящих вокруг действий и при случайном наведении способно перекрыть обзор игроку. Для обозначения целей игроку проговаривают команду, а также он может посмотреть ее на дисплее, проецируемым из руки. Поскольку действия игры разворачиваются в далеком будущем, разработчики сделал различные кнопки и дисплеи выполнены в виде голограмм, что составляет диегетический интерфейс.

Рисунок 1.22 – Интерфейс игры Lone Echo

Несмотря на наличие диегетического интерфейса, меню игры выполнено в классическом плоском интерфейсе, располагающемся в пространстве. Такой подход можно объяснить тем, что при вертикальном перемещении в игре пользователю будет проблематично ориентироваться в пространстве, так как существует вероятность, что пользователь может улететь в другой конец комнаты и меню перестанет выполнять свою основную функцию.

На основе рассмотренных интерфейсов в играх–аналогах, представленных выше, мы можем выделить общие особенности:

1. Отсутствующая или низкая абстракция. В играх с диегетическим интерфейсом игровые условности сведены к минимуму. Например, в играх у персонажа отсутствует абстрактный, невидимый инвентарь, где могли бы размещаться все предметы, а расположены физически на теле игрока, например, оружие за спиной или игрок вовсе должен нести его в руках.

2. Фокус на игровом процессе, а не итоговом результате. Игрок во время игры, как и сам персонаж, должен делать необходимые действия. Например, в зависимости от силы рывка руками будет зависеть скорость полета в невесомости или необходимость долго перебирать двумя руками тяжелый предмет, чтобы его передвинуть.

3. Наличие четкой связи между игроком и персонажем, с которым делится пользовательский опыт. Например, чтобы воспользоваться аптечкой для восстановления здоровья, ее необходимо открыть и совершить определенное действие, аналогичное реальным.

Достоинствами диегетических интерфейсов является их вписанность внутрь игрового мира и нарратива, что не отвлекает пользователя, а способствует усилению погружения в игровой процесс.

Такие интерфейсы возможно также активно встраивать внутрь игровых механик: взаимодействие с элементами таких интерфейсов проходит, зачастую, через знакомые пользователю телодвижения, как, например, физическое нажатие кнопки, или потягивание рычага, или осмотр часов на руке. Такой интерфейс также способствуют адаптации пользователя к погружению в виртуальную реальность и ознакомлению с игровыми механиками, например, через меню игры, где пользователь уже вступает в игру даже до вступления непосредственно в игровой процесс.

Диегетические интерфейсы идеально подойдут в играх, где важна передача пользователю опыта взаимодействия с объектом и высокая иммерсивность, как, например, в сюжетных или обучающих играх и симуляторах.

К недостаткам таких интерфейсов можно отнести их низкую гибкость. Каждый элемент диегетического интерфейса должен представлять собой какой-то интерактивный объект, сопоставимый с этим элементом интерфейса, что может накладывать ограничения. Например, очень проблематично в диегетическом интерфейсе воссоздать вкладки из классического интерфейса, поскольку нужен аналогичные интерактивный объект, которые также должен быть в рамках нарратива. При этом рост числа интерактивных объектов в сцене приводит к усложнению интерфейса.

Другой недостаток диегетических интерфейсов связан с их низкой скоростью взаимодействия [9]: открытие или закрытие интерфейса требует физического взаимодействия, а также затраты времени на их анимации, что

намного медленнее, чем если бы пользователь, использовал указку для навигации по плоскому интерфейсу. Особенно это ощутимо в играх со сложным меню, в соревновательных или сессионных играх, как например в игре Beat Saber (Рисунок 1.23).

Рисунок 1.23 – Интерфейс игры Beat Saber

В данной игре нет нарратива, и в первую очередь, важен игровой процесс, а не иммерсивность пользователя. Поэтому в таких играх лучше отказаться от использования диегетических интерфейсов в пользу удобства и быстроты взаимодействия.

И если приведенные выше недостатки можно нивелировать, такой недостаток как время и сложность разработки диегетического интерфейс, к сожалению, устранить нельзя. В отличии от плоских интерфейсов, требуется грамотно вписать диегетические интерфейсы внутрь нарратива игрового мира, иначе не идеально введенный интерфейс может отвлекать на себя внимание игрока и в конечном итоге «сломает» погружение. В этом случае важно соотносить выбранный жанр игры и возможности диегетического интерфейса. Например, подходящими направлениями могут стать научная фантастика или фэнтэзи.

Описание сюжет разрабатываемого проекта, игровых механик, а также выбор жанра и тематики представлено во второй главе данной выпускной квалификационной работы.

2 Этапы разработки диегетического интерфейса квеста «Spacewalker» в виртуальной реальности

2.1 Команда и технологии реализации проекта

Данный проект посвящен разработке диегетического интерфейса в квесте VR.

Проект разрабатывался в команде из двух человек, каждый из которых выполнял следующие функции:

1. Разработка концепта игры, гейм-дизайна, создание трехмерных моделей, их текстурирование и интеграция внутрь игрового движка, создание и настройка шейдеров, постпроцессинг, настройка звуков, разработка диегетического интерфейса (автор ВКР).
2. Разработка скриптов и интеграция библиотек, сборка игры.

Среда разработки

Поскольку в команде есть опыт работы с игровым движком Unity, выбор был сделан в его пользу, так как он позволяет в короткий срок создать игру с качественной графикой, имеет поддержку большинства гарнитур виртуальной реальности, а также в нем уже присутствует готовое решение для быстрого создания VR игры.

Инструмент разработки компьютерной графики

Поскольку игровые движки не предоставляют инструменты создания трехмерных моделей и текстур, необходимо выбрать программное обеспечение, которое позволит создавать трехмерные модели, анимации и текстуры для них.

На сегодняшний день на рынке имеется множество профессиональных пакетов для работы с трехмерной компьютерной графикой. В качестве такого ПО для проекта была выбрана программа Blender, так как у команды имеется опыт работы с ней. Программа является абсолютно бесплатной (Open Source) для коммерческого и некоммерческого использования, обладает большим количество инструментов полигонального моделирования, создания текстурной развертки готовых моделей и анимации, не уступая своим

проприетарным аналогам. Также данная программа поддерживает возможность установки аддонов – мини программ, расширяющих стандартный функционал программы, что также ускорит и облегчит создание трехмерных моделей.

Выбор инструмента для создания текстур трехмерных объектов не менее важен. Текстуры представляют собой изображения, при помощи которых есть возможность придать модели цвет, свечения или металлический блеск. Для создания текстур мы можем использовать графические редакторы, например, Adobe Photoshop или GIMP. Однако такое решение не является оптимальным, поскольку при создании необходимо учитывать ориентацию развернутой модели на двухмерном пространстве (UV карты), поэтому необходимо выбрать ПО, которое облегчит создание текстур для трехмерных моделей. В результате чего для создания текстурных карты выбрана программа Adobe Substance Painter.

Данная программа имеет в наличии инструменты для быстрого запекания и генерации текстур. Программа позволяет создавать процедурные текстуры, имитируя реальные дефекты (загрязнение или царапины), что позволит придать модели большую схожесть с реальными аналогами. Работа в программе схожа с работой в графическом редакторе, например, в Adobe Photoshop, а также она поддерживает возможность экспорта текстур в большое количество форматов изображений.

Помимо текстур также необходимо было выбрать графический редактор, который позволяет создавать иконки кнопок для интерфейса. При помощи таких иконок и специального инструмента самого движка мы можем создавать трехмерные кнопки для интерфейса. В качестве такого редактора был выбран Adobe Photoshop, так как он имеет возможность работать как с растровой, так и векторной графикой.

2.2 Элементы гейм-дизайна квеста виртуальной реальности

Для реализации игры был выбран жанр квест. Квест (англ. quest) или приключенческие игра (англ. adventure) представляют собой жанр, ключевой особенностью которого является исследование игрового мира, сюжетное повествование, а также решение игроком различных задач и головоломок. При этом, если игра не подразумевает наличия в ней других жанров, как например, экшн (англ. action), то наличие других типов механик, такие как, экономическое планирование или тактические и боевые механики, требующих высокой скорости реакции игрока сведены к минимуму или отсутствуют вовсе.

Такой жанр достаточно прост в разработке и не требует больших затрат времени на проработку игровых механик. Зачастую в играх подобного жанра от игрока может потребоваться добраться из точки А в точку Б, найти какой-то предмет, например, ключ или выполнить простое задание [28].

Данный жанр является одним из популярных на рынке компьютерных игр. Согласно статистике [40] жанр adventure и action является одним из самых популярных у игроков (Рисунок 2.1).

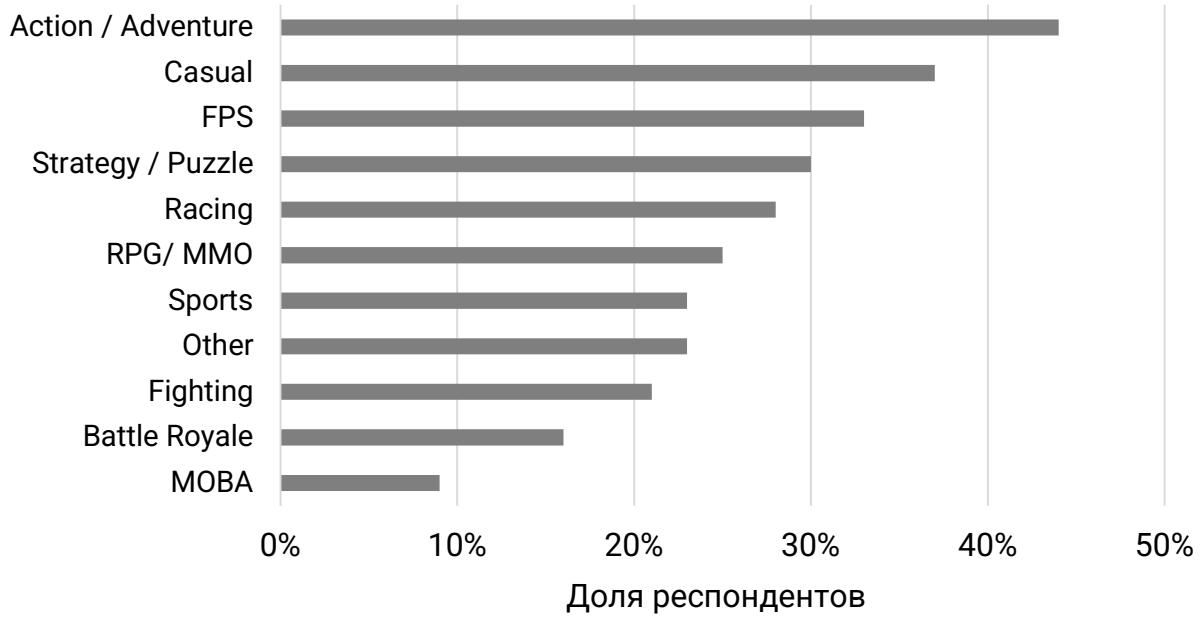


Рисунок 2.1 – Статистика популярности жанров

Выбор данного жанра является подходящим решением с точки зрения времени разрабатываемой игры. Наличие простых механик позволит сократить время разработки.

Тема космоса выбрана как одна из популярных у игроков. Это можно отследить по пользовательским оценкам представителей игр данной тематики, например, на агрегаторе рецензий Metacritic [39]. Например, игры серии Dead Space имеют в среднем 86 из 100 баллов согласно пользовательским оценкам, а игра Lone Echo для VR – 89. Тема космоса позволяет смоделировать игровую реальность, отличную от привычного мира игрока и не требовать детальной схожести. Это также позволяет легко встроить диегетический интерфейс внутрь игры, так как мы можем использовать недоступные пока что в реальной жизни технологии, например, голограммы.

Название игры было выбрано «Spacewalker», так как игроку предлагается получить опыт пребывания в невесомости, в глубоком космосе.

Сюжет игры происходит в далеком будущем, когда человечеством освоены межпланетные путешествия. Игрок возьмет на себя роль автономного андроида помощника на борту межпланетной исследовательской космической станции Гелиос на орбите планеты Эгида 7. После проведения планового технического обслуживания на корабль поступает повторяющийся сигнал бедствия от неизвестного корабля. Главному герою необходимо определить источник сигнала космического судна и установить причины его поломки, а также выяснить, куда пропал его экипаж.

Предполагается, что нарратив игроку будет подаваться через «систему записок», представляющих собой точки интереса, взаимодействуя с которыми игрок будет больше узнавать о мире игры.

Завязка разработанного в рамках данной работы прототипа начинается с пробуждения робота в специальной камере хранения и его калибровки, которая представляет собой процесс обучения передвижения в невесомости. В реализованном прототипе заданием игрока является проведение планового

технического обслуживания и устранение простой возникшей неполадки. Игроку будет предложено выполнить несколько простых заданий.

В качестве примера такого задания игроку требуется найти и устранить неисправность в системе управления шлюзом на корабле. Используя специальный сканер, игроку требуется найти и определить источник неполадки при помощи специального сканера, а после заменить неисправную деталь. После замены детали игроку будет предложено открыть иллюминатор и проверить его работоспособность. В этот момент игрок получит сигнал бедствия от неизвестного судна.

В конце игроку требуется пройти следующую комнату для подготовки экспедиции на корабль, с которого идет сигнал бедствия. Разработанный прототип завершается на моменте открытия двери в следующий отсек.

Действие игры будет проходить в невесомости, для передвижения игроку необходимо будет хвататься руками и отталкиваться от различных объектов или стен или использовать реактивный двигатель. Игрок может брать различные объекты, чтобы осмотреть их, а также взаимодействовать с различными интерактивными панелями в сцене.

2.3 Элементы диегетического интерфейса квеста виртуальной реальности

Выбор цвета

Цвет является одним из самых мощных инструментов при создании игры. Он может привлекать внимание, направлять игрока по игре или использоваться в качестве подсказок, а также задавать тон игры.

В качестве основного цвета для интерфейса выбран оттенок синего. Синий цвет чаще всего ассоциируется со спокойствием и холодом, а практика показывает, что в большинстве случаев данный цвет и его оттенки, особенно более яркие, смещенные по цветовой палитре в сторону белого или голубого используется в играх, основанных на научной фантастике, как например игры Mirror’s Edge, Portal, Dead Space (игры интерфейс) и другие [22]. Также

интерфейс в Sci-Fi в большинстве случаев различных голограмм, в которых используется ярко выраженный эффект свечения.

Цветовая палитра игры (Рисунок 2.2) представляет собой комплементарную пару синего и желтого цвета. Синий цвет является основным и используется в большинстве элементов интерфейса для обозначения как пунктов меню, так и интерактивных объектов. Желтый цвет используется намного реже и предназначен для обозначения объектов, которые не являются интерактивными или заблокированными, например, закрытая дверь.

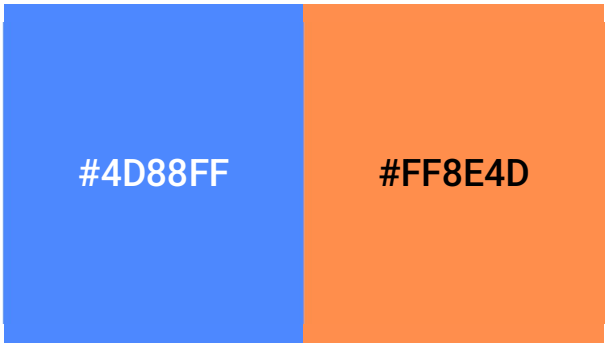


Рисунок 2.2 – Цветовая палитра интерфейса игры

Шрифт

Выбор шрифта также является не менее важным, поскольку от него может зависеть юзабилити игры. Для игры можно разработать свой шрифт, так как это может придать индивидуальности готовой игре, однако разработка правильного шрифта потребует много времени и выгоднее воспользоваться готовыми.

Выбор шрифта также зависит от времени и места действия игры. Так, например, для игр в стиле средневековья или в жанре вестерн идеально будут смотреться шрифты с засечками или serif. При этом для игр в современном или научном стиле лучше выбирать шрифты без засечек или sans serif, поскольку они выглядят более современно и футуристично [8]. Стоит заметить, что выбранный шрифт также должен быть достаточно читаемым. Так, например, выбор сложных шрифтов рекомендуется делать только для больших или

разовых надписей, как например логотип игры, а для интерфейса самой игры лучше выбрать наиболее простой шрифт.

Главное меню игры

Меню игры является одной основой интерфейса, поскольку именно оно отвечает за вход в игру, выход из него и другие функциональные возможности, связывающие игрока и игру как объект. Меню, в то же время, – это пространство, куда попадает пользователь при старте, и от его удобства и визуальной эстетики может зависеть то, насколько пользователю будет комфортно пользоваться игрой или приложением. Использование диегетического интерфейса даст возможность ознакомиться с основными механиками игры, но не стоит забывать, что меню, в первую очередь, должно выполнять функцию входа непосредственно в игру. Следует соблюдать баланс между удобством и иммерсивностью.

Так как игра подразумевает наличие передвижения в невесомости, то мы можем использовать данную механику и в главном меню с целью ознакомить с ней пользователя. Однако стоит понимать, что в этом случае существует вероятность того, что пользователь в полете может уйти за границы меню и тогда оно перестанет выполнять свою основную функцию. Поэтому следует ограничить его перемещение, оставив только возможность вращаться. Меню игры (Рисунок 2.3) представляет собой комнату с компьютерным терминалом, выполненной в виде операционной системы управления андроидом.

Рисунок 2.3 – Вход в меню игры

Переход по пунктам меню (Рисунок 2.4) осуществляется физически, путем нажатия голографических кнопок на дисплее перед пользователем, используя контроллеры VR шлема. Использование такого меню даст пользователю опыт взаимодействия с элементами интерфейса игры.

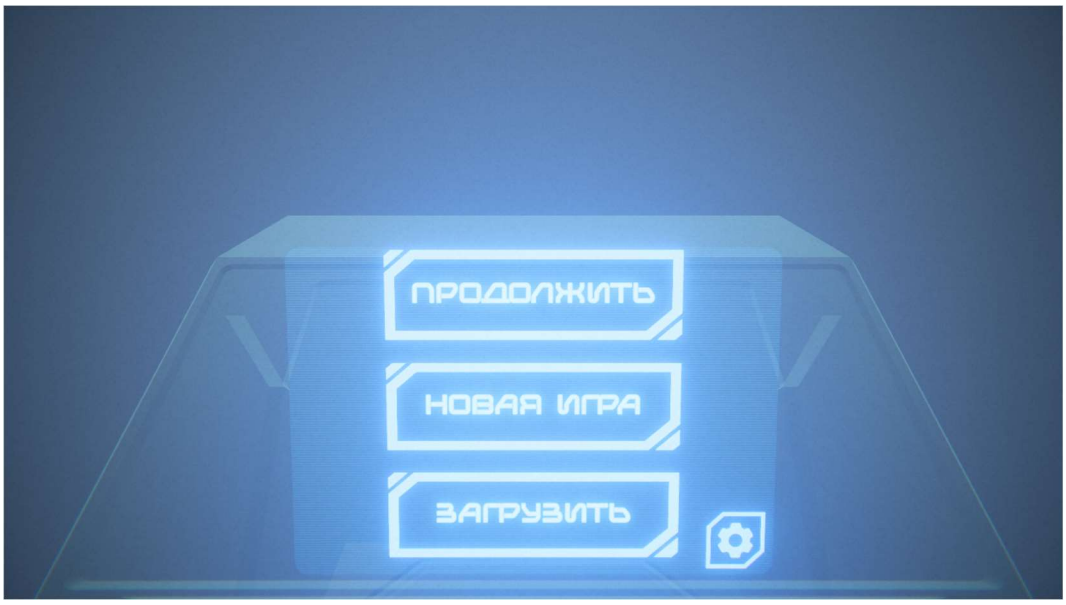


Рисунок 2.4 – Элементы главного меню

Надпись «продолжить» отображается только при наличии доступного сохранения. Кнопка с иконкой шестеренки осуществляет переход в настройки игры. Такое расположение обусловлено тем, что главный фокус игрока должен быть сосредоточен на старте игры, а также тем, что, если все элементы меню будут очень маленькими, по ним будет сложно ориентироваться.

При выборе новой игры или загрузки игроку будет предложено выбрать один из трех профилей для сохранения или загрузки прогресса (Рисунок 2.5).

Рисунок 2.5 – Выбор профиля сохранения

В профиле отображается информация по текущей главе и времени последнего сохранения. Если игрок начинает новую игру и выбирает профиль для сохранения, который уже был занят, то игра сначала спросит о том, нужно ли переписать сохранение.

При старте игры пользователю отображается прогресс бар загрузки уровня (Рисунок 2.6), представляющий собой индикатор включения робота.

Рисунок 2.6 – Индикатор загрузки уровня

Выход из игры представлен в виде двери с кнопкой (Рисунок 2.7), являющаяся выходом из операционной системы управления роботом, расположенная позади пользователя.

Рисунок 2.7 – Выход из игры

Использование такого варианта выхода из игры будет ассоциироваться с реальными действиями, в данном случае выходом из комнаты. После нажатия кнопки выход игрок должен подтвердить действие (Рисунок 2.8).

Рисунок 2.8 – Подтверждение выхода из игры

Подтверждение действия пользователя при взаимодействии с меню в момент выхода или перезаписи сохранения необходимо поскольку это

защищает пользователя от совершения случайной ошибки и позволяет ему контролировать свои действия.

Интерактивные объекты

Как уже было указано выше, одна из проблем диегетического интерфейса заключается в том, что из-за интеграции объектов внутрь игровой среды, интерфейс усложняется. Большое число интерактивных объектов может запутать пользователя. Следовательно, нужно сфокусировать внимание пользователя на нужных объектах. Одним из таких способов – использование определенного цвета, чтобы выделить объекты на фоне других. Таким способом мы можем легко направлять пользователя в процессе игры.

Внутриигровые объекты, с которыми пользователь может взаимодействовать окрашены в синий цвет и оранжевый те, которые заблокированы (Рисунок 2.9). Внутри игровые кнопки выполнены в виде голографической проекции в стиле космической фантастики.

Рисунок 2.9 – Пример кнопки в игре: слева – интерактивная, справа – не интерактивная

Помимо подсветки самих интерактивных объектов мы также можем помогать понять пользователю то, какое действие от него требуется в неочевидной ситуации, отображая требуемое действие. Например, в игре для выхода из удерживающей игрока капсулы необходимо потянуть специальную ручку и используя проекцию голограммы (Рисунок 2.10) мы можем подсказать пользователю то, что ему нужно сделать.

Рисунок 2.10 – Внутриигровая подсказка

Внутриигровой интерфейс

Внутриигровой интерфейс также важен, так как с его пользователь отслеживает текущее состояние игры или осуществляет выход из нее. Доступ к нему осуществляется посредством нажатия кнопки на руке игрока (Рисунок 2.11).

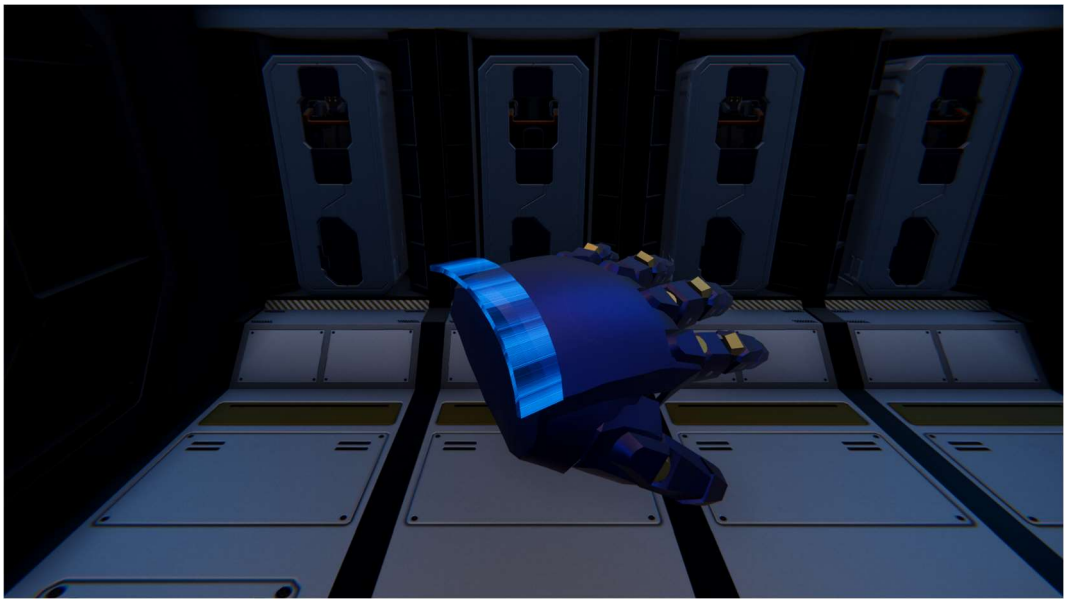


Рисунок 2.11 – Кнопка меню на руке игрока

По нажатию на кнопку открывается голографическая панель (Рисунок 2.12), при помощи которой игрок может отследить текущее задание, открыть меню (Рисунок 2.13) паузы или включить сканер. Повторное нажатие кнопки закроет панель.

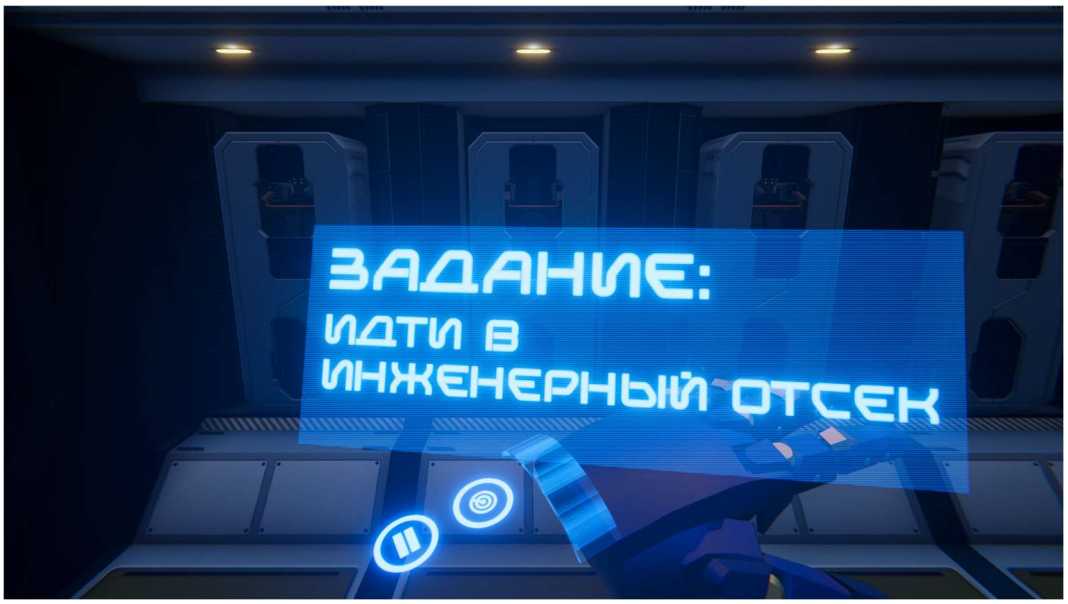


Рисунок 2.12 – Внутриигровая панель-меню

В меню паузы игрок может открыть настройки игры, загрузиться с контрольной точки или выйти из игры.

Рисунок 2.13 – Меню паузы

2.4 Разработка трехмерных моделей и спрайтов для создания виртуального пространства игры

Разработка 3D моделей осуществляется посредством полигонального моделирования, где каждая модель состоит из так называемых полигонов [1]. В процессе создания моделей необходимо соблюдать баланс между детализацией и количеством полигонов. Количество полигонов в сцене не

должно быть большим, поскольку это может серьезно сказаться на производительности игры. В большинстве случаев в играх количество полигонов в моделях, которые могут находиться в непосредственной близости к глазам игрока может варьироваться от 20 до 50 тысяч полигонов, а в некоторых случаях даже превышать порог в 100 тысяч. Стоит учитывать, что модели должны быть схожи по стилистике и детализации. Также стоит учитывать, что одна модель может быть использована сразу в нескольких местах.

В процессе реализации прототипа было создано около ста различных моделей (Рисунок 2.14) внутриигрового интерьера и окружения. В число моделей входят различные виды технических конструкций, камера хранения робота, трубы, кабели, двери и т.д.

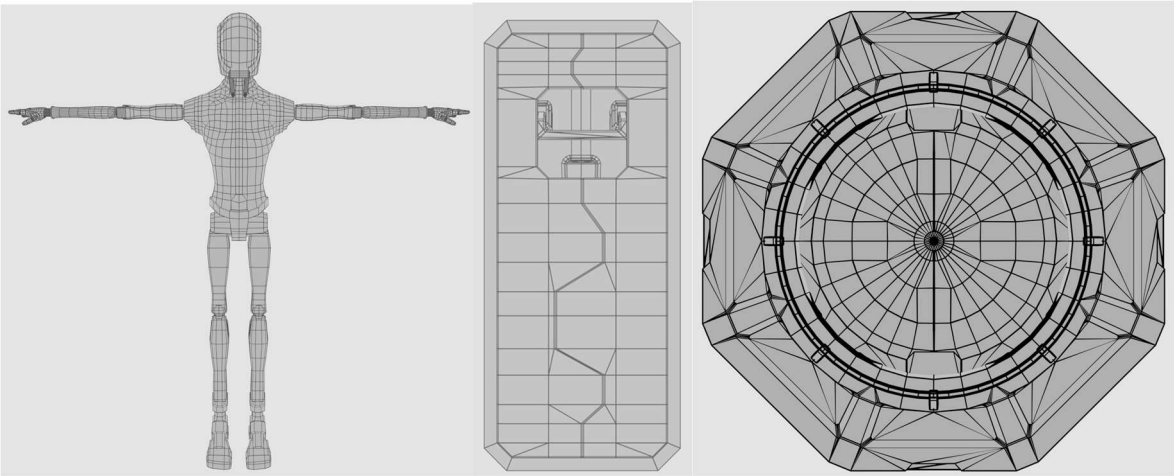


Рисунок 2.14 – Пример созданных для проекта 3D моделей, по порядку: 1 – Робот, 2 – Камера хранения робота, 3 – Дверь

Трехмерные модели также должны с текстурами – изображениями, накладываемыми на модели для придания ей цвета, шероховатости или металлического блеска.

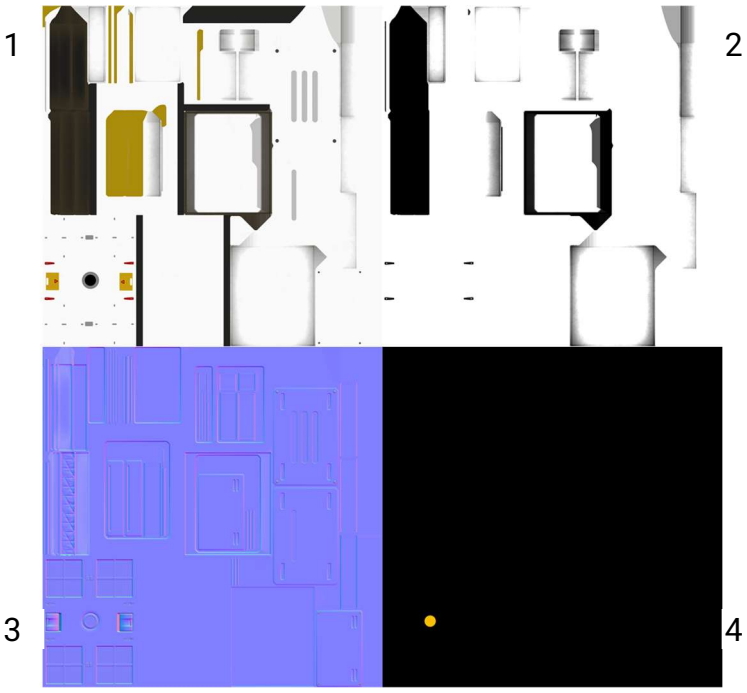


Рисунок 2.15 – Примеры текстур, используемых в игре:

1 – Albedo, 2 – Metalic, 3 – Normal, 4 – Emission

Для корректного отображения моделей в игре используются следующие виды текстур (Рисунок 2.15):

1. Текстура цвета (Albedo) – текстура, отвечающая за цвет объекта. Стоит учитывать, что такая текстура должна быть нейтрально освещенная, то есть не должна содержать в себе информацию об освещении, поскольку освещение модели в игре может быть разным, в зависимости от окружения.

2. Карта нормалей (Normal) – текстура, при помощи которой мы можем отображать детали на поверхности моделей, такие как царапины, трещины и т. д., без использования дополнительных полигонов, что способствует росту производительности в игре. Данная текстура взаимодействует с освещением внутри игры, тем самым придавая модели дополнительную детализацию, имитируя реальную геометрию.

3. Карта отражения / шероховатости (Metalic / Smoothness) – текстура, используемая для придания модели металлического блеска или шероховатости. Текстура отражения выполнена в градациях серого, где цвет представлен в виде диапазона от 0 до 1, который определяет коэффициент отражения материала, где 0 – черный цвет, означает неметаллическую

(шероховатую), а 1 – белый цвет, означающий металлическую поверхности. Стоит отметить, что текстура шероховатости является инверсией текстуры отражения, которая отражает наоборот – коэффициент поглощения света.

4. Карта эмиссии (Emission) – текстура, при помощи определяется цвет и интенсивность свечения поверхности модели. Используется для отображения светящихся участков модели, например, ламп.

Для рендера трехмерных моделей движок Unity использует материалы, определяющие информации от текстур, их наложении, а также параметры, в зависимости от используемого шейдера [46].

В современных версиях игрового движка Unity принято использовать PBR (англ. Physically based rendering) или физически корректные материалы. Такие материалы более достоверно отображаются в игре поскольку используют моделирование освещения в реальном времени, используя вышеперечисленные текстуры. Настройка материалов в Unity осуществляется посредством специального редактора, в котором для каждого материала необходимо указать приведенные выше текстуры (Рисунок 2.16).

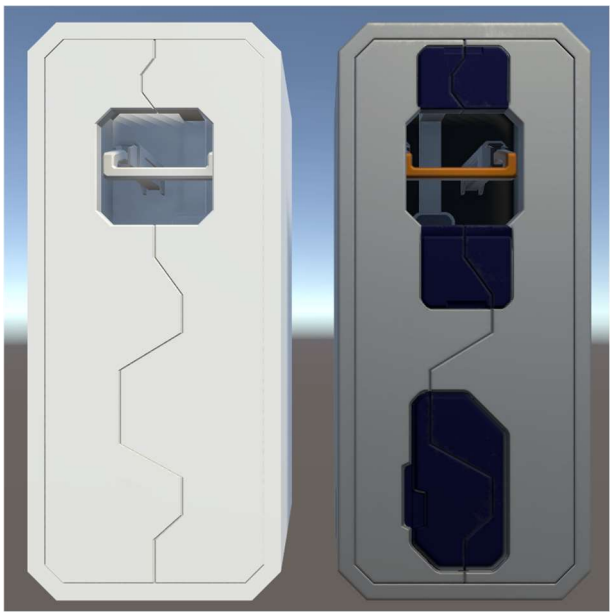


Рисунок 2.16 – Пример модели без и с настроенным материалом

Для создания эффекта голограммы для элементов главного меню, а также интерактивных кнопок и объектов в Adobe Photoshop были

подготовлены различные типы спрайтов (Рисунок 2.17) и был разработан специальный шейдер.

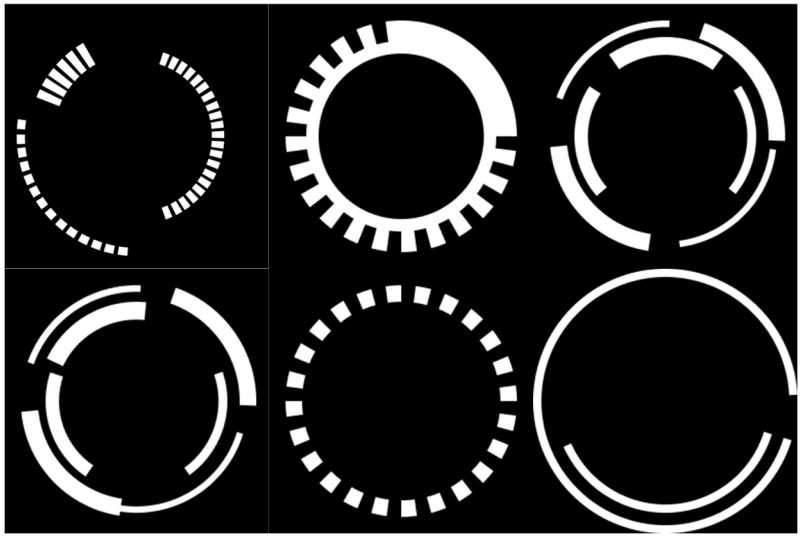


Рисунок 2.17 – Примеры нарисованных спрайтов

Шейдер (англ. Shader) – набор программ, отвечающий за сложные математические вычисления и алгоритмы отображения трехмерной графики. Внутри шейдеров имеются различные переменные, такие как цвет или текстура, или другие. И если шейдер отвечает за отображение модели в пространстве и ее освещения, то материал является экземпляром шейдера, с набором параметров, определенных шейдером, отвечающий за визуализацию модели.

Изначально в Unity шейдеры разрабатывались на довольно сложных языках GLSL и HLSL [54]. Однако в новых версиях Unity имеется возможность простой и быстрой разработки шейдеров при помощи инструмента shader graph [27].

Данный инструмент предоставляет пользователю готовый набор инструментов визуального программирования шейдеров, что упрощает их разработку. Используя данный инструмент для игры, был разработан шейдер (Рисунок 2.18, а) для главного меню и шейдер голограммы, который использовал спрайт в качестве маски (Рисунок 2.18, б). Сочетая несколько таких спрайтов, мы можем создавать интерактивные кнопки (Рисунок 2.18, в).

Рисунок 2.18 – Пример разработанного шейдера:

а – шейдер, б – спрайт, в – полученная кнопка

К финальному рендерингу игры также была применена постобработка. Использование постобработки позволило улучшить финальную картину игры, при помощи манипуляции с различными параметрами цвета, например, насыщенности, яркости, контрастности или наложения различных эффектов, например, затенения (виньетка), шума и других. На рисунках 2.19 и 2.20 наглядно видно, как добавленная постобработка влияет на итоговое изображение.

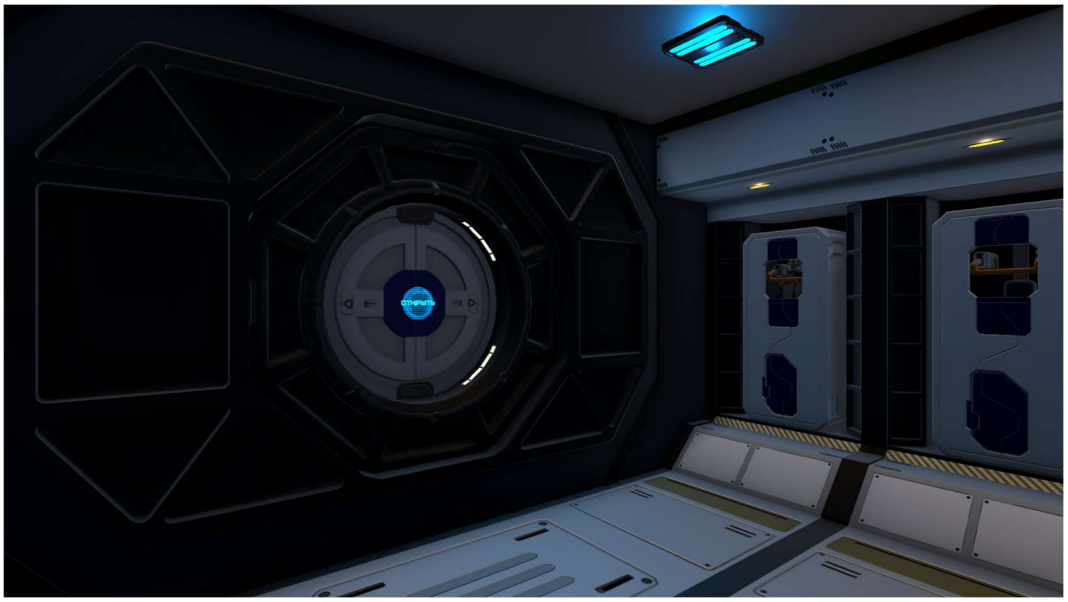


Рисунок 2.19 – Скриншот игры без постобработки

Рисунок 2.20 – Скриншот игры с постобработкой

2.5 Настройка анимации и сцены

Для более реалистичного взаимодействия пользователя с игрой также необходимо настроить анимации, например, при нажатии кнопки дверь должна плавно открыться или при потягивании ручки должна открыться камера. Несмотря на то, что мы можем создавать анимации непосредственно в программе трехмерного моделирования Blender, где создавались модели, использование встроенного для анимации инструмента Unity позволяет быстрее интегрировать встроенные анимации в игру, поскольку не требуется дополнительно настраивать модели, при этом процесс создания анимации практически не отличается.

Для данного проекта при помощи инструментов анимирования были сделаны анимации переходов интерфейса меню, анимации открытия и закрытия интерфейса меню внутри игры, анимации открытия и закрытия дверей и иллюминатора, анимация камеры хранения робота.

Игровые уровни в Unity состоят из сцен, настраиваемые внутри редактора. В каждой сцене необходимо расположить объекты, представляющие собой контейнеры, внутри которых могут содержаться различные компоненты, такие как трехмерные модели, анимации или

скрипты. Для сцены также необходимо произвести запекание света и тени, что позволит сэкономить ресурсы игры, поскольку работа со светом является одной из самых затратных для рендера игры.

Для создания сцен в нее были интегрированы около ста моделей, указанных выше, к которым применены соответствующие материалы, настроен VR персонаж, подключена интеграция, включая интерфейс меню, настроено около 50 интерактивных объектов в сцене, для чего были подключены необходимые скрипты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Объем рынка компьютерных игр в виртуальной реальности показывает, что данная индустрия активно развивается с активным ростом технологий виртуальной реальности и их удешевлением.

В процессе анализа VR игр-аналогов были выявлены основные особенности диегетических интерфейсов. К достоинствам таких интерфейсов относиться высокая иммерсивность и возможность встраивать их в игровые механики, а также возможность ознакомить пользователя с игровыми механиками, что позволяет пользователю адаптироваться к погружению в виртуальный мир. Такие интерфейсы идеально подойдут для приключенческих игр в жанре квест, где важна иммерсивность, или для обучающих симуляторов, где важно передать точность взаимодействия.

К недостаткам таких интерфейсов относится низкая скорость взаимодействия, низкая гибкость, так как необходимо такой интерфейс грамотно вписать внутрь нарратива, поэтому такие интерфейсы не подойдут для соревновательных или фитнес игр, где важна скорость и удобство, а иммерсивность находиться на втором плане. Еще один недостаток таких интерфейсов является высокая сложность и время разработки.

На основе имеющихся материалов был спроектирован концепт компьютерной VR игры в жанре квест, использующей диегетический интерфейс. В процессе проектирования в качестве основной среды разработки был выбран игровой движок Unity, позволяющий быстро создавать компьютерные игры для большинства шлемов виртуальной реальности. Для разработки также были выбраны инструменты создания трехмерных моделей Blender и текстурирования Substance Painter.

В результате был разработан диегетический интерфейс для VR игры, включающей в себя главное меню и игровую сцену с элементами. Для интерфейса была выбрана цветовая палитра в виде комплементарной пары синего и оранжевого цветов и шрифты без засечек. Главное меню выполнено в виде виртуальной комнаты в виде операционной системы управляемого

робота, где игрок через терминал осуществляет переход по пунктам меню или в саму игру. Также был разработан интерфейс для интерактивных объектов и внутриигрового меню, взаимодействие с которым осуществляется с использование контроллеров VR гарнитуры. В процессе разработки было создано около ста трехмерных моделей различной сложности, а также текстуры для них. Для игры произведена постобработка, для создания интерактивного интерфейса были созданы соответствующие шейдеры, а также анимации. Так как тематика для игры была выбрана космос и научная фантастика, это позволило разработать максимально простой интерфейс, используя для взаимодействия привычные пользователю движения и жесты.

В дальнейшем прототип планируется доработать до полноценной компьютерной VR игры, провести тестирование, возможно привлечь издателей и публикация на различных популярных платформах, таких как Oculus, Steam и другие.

Разработчикам игровых интерфейсов стоит обращаться к диегетическим интерфейсам, что даст возможность более эффективно вовлечь пользователя в игровой процесс, однако не стоит забывать, что такой интерфейс в идеале должен быть интуитивно понятным, так как сложный диегетический интерфейс может пойти во вред игре. Идеальным случаем будет создание такого диегетического интерфейса, который максимально приближен к привычным пользователю действиям. Также не стоит забывать о том, что такой интерфейс требует более тщательного подхода к его разработке.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ

1. Букреев А. В. Использование систем трехмерного моделирования в современном мире // Европейские исследования: инновации в науке, образовании и технологиях: сб. статей XLVIII междунар. заоч. науч.-практ. конф., Лондон, 24-25 янв. 2019 г. – Лондон, 2019. – С. 32-34.
2. Влияние VR на подходы к главному меню игр // DTF. – [Б. м.], 2019. – URL: https://dtf.ru/gamedev/67599-vliyanie-vr-na-podhody-k-glavnomu-menyu-igr (дата обращения: 02.06.2022).
3. Даниленко Е. А. VR-технологии: их потенциал и внедрение в систему обучения и развития персонала // Общество, экономика, управление. – 2018. – №. 4. – С. 51-53.
4. Ермолаева В. В. Развитие виртуальной реальности // Тенденции развития науки и образования. – 2020. – Т. 58, № 2. – С. 14-17.
5. Жигалова О. П. Использование среды виртуальной реальности при решении учебных задач // Балтийский гуманитарный журнал. Компьютерные и информационные науки. – 2019. – Т. 8, № 4 (29). – С. 59-62.
6. Зачем писать свой игровой движок? // Habr. – [Б. м.], 2018. – URL: https://habr.com/ru/company/socialquantum/blog/423175/ (дата обращения: 21.03.2022).
7. Зеленский М. М. Виртуальная реальность (VR) в клинической медицине: международный и российский опыт // Журнал телемедицины и электронного здравоохранения. – 2021. – Т. 7, № 3. – С. 7-20.
8. Как правильно выбрать шрифт для игры // AppTractor. – [Б. м.], 2016. – URL: https://apptractor.ru/info/articles/kak-pravilno-vyibrat-shrift-dlya-igryi.html (дата обращения: 02.06.2022).
9. Как «реалистичный» интерфейс может пойти во вред погружению // DTF. – [Б. м.], 2019. – URL: https://dtf.ru/gamedev/64402-kak-realistichnyy-interfeys-mozhet-poyti-vo-vred-pogruzheniyu (дата обращения: 02.06.2022).

10. Как устроена Meta и что это означает для цифровых компаний // vc.ru. – [Б. м.], 2021. – URL: https://vc.ru/future/339306-kak-ustroena-meta-i-chto-eto-oznachaet-dlya-cifrovyh-kompaniy (дата обращения: 02.06.2022).

11. Кузнецов В. А. Об использовании виртуальной и дополненной реальности // International Journal of Open Information Technologies. – 2019. – Т. 7, № 4. – С. 75-84.

12. Неволина Т. С. Проектирование интерфейса для сред виртуальной реальности // Приоритетные направления развития науки и образования: сб. статей XI междунар. науч.-практ. конф., Пенза, 05 марта 2020 г. – П., 2020. – С. 28-31.

13. Нестерова М. А. Виртуальная реальность и пространство музея: возможности и перспективы // Проблемы подготовки режиссеров мультимедиа: сб. XIII Всерос. науч.-практ. конф., Санкт-Петербург, 23 апреля 2021 г. – СПб., 2021. – С. 79.

14. Обучение персонала: 5 технологий будущего, которые внедряются уже сегодня // vc.ru. – [Б. м.], 2019. – URL: https://vc.ru/future/57690-obuchenie-personala-5-tehnologiy-budushchego-kotorye-vnedryayutsya-uzhe-segodnya (дата обращения: 02.06.2022).

15. Применение виртуальной реальности в медицине и биологии // VE Group. – [Б. м.], 2021. – URL: http://ve-group.ru/3dvr-resheniya/meditsina/ (дата обращения: 24.12.2021).

16. Принципы разработки игрового интерфейса // DTF. – [Б. м.], 2019. – URL: https://dtf.ru/gamedev/70438-principy-razrabotki-igrovogo-interfeysa (дата обращения: 02.06.2022).

17. Скорб Н. О. Использование диегетического интерфейса в дополненной реальности в игровом программном обеспечении // Научная Перспектива. Технические науки. – 2019. – № 12. – С. 34.

18. Сотрудники «Газпром нефти» тренируют soft skills в VR // vc.ru. – [Б. м.], 2021. – URL: https://vc.ru/s/modum-lab/265086-sotrudniki-gazprom-nefti-treniruyut-soft-skills-v-vr (дата обращения: 02.06.2022).

19. Тенденции и краткая статистика трансформации индустрии AR и VR в 2021 году // vc.ru. – [Б. м.], 2021. – URL: https://vc.ru/u/486048-kristina-shumskaya/284867-tendencii-i-kratkaya-statistika-transformacii-industrii-ar-i-vr-v-2021-godu (дата обращения: 01.06.2022).

20. Технологии виртуальной реальности в медицине // Intalent. – [Б. м.], 2021. – URL: https://intalent.pro/article/tehnologii-virtualnoy-realnosti-v-medicine.html (дата обращения: 10.12.2021).

21. Уваров А. Ю. Технологии виртуальной реальности в образовании // Наука и школа. Компьютерные и информационные науки. – 2018. – № 4. – С. 108-117.

22. Цвет: как выбрать палитру для своей игры // AppTractor. – [Б. м.], 2017. – URL: https://apptractor.ru/info/articles/tsvet-kak-vyibrat-palitru-dlya-svoey-igryi.html (дата обращения: 02.06.2022).

23. Чубов А. А. Применение теории диегезиса при проектировании интерфейса 3D среды // Неделя науки - 2017: сб. тезисов конф., Ростов-на-Дону - Таганрог, 27 марта – 2017 г. – Ростов-на-Дону, 2017. – С. 714-717.

24. AR и VR в маркетинге // vc.ru. – [Б. м.], 2020. – URL: https://vc.ru/marketing/126761-ar-i-vr-v-marketinge (дата обращения: 02.06.2022).

25. Half-Life и VR: что ждёт компьютерные игры? // Skillbox Media. – [Б. м.], 2020. – URL: https://skillbox.ru/media/gamedev/half_life_i_vr_chto_zhdyet_kompyuternye_igry/ (дата обращения: 02.06.2022).

26. Meta поставила более 10 миллионов VR-гарнитур Oculus Quest 2 // 3D News - Daily Digital Digest. – [Б. м.], 2021. – URL: https://3dnews.ru/1053900/meta-postavila-bolee-10-millionov-vrgarnitur-oculus-quest-2 (дата обращения: 01.06.2022).

27. About Shader Graph // Unity Manual. – [S. l], 2022. – URL: https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.shadergraph@6.9/manual/index.html (access date: 02.06.2022).

28. Adams E. Game Mechanics: Advanced Game Design. Voices That Matter. – New Riders, 2012. – 353 p.

29. A first look at Unreal Engine 5 // Unreal Engine. – [S. l.], 2020. – URL: https://www.unrealengine.com/en-US/blog/a-first-look-at-unreal-engine-5/ (access date: 02.06.2022).

30. Andrews M. Game UI Discoveries: What Players Want // Game Developer. – [S. l.], 2010. – URL: https://www.gamedeveloper.com/design/game-ui-discoveries-what-players-want (access date: 02.06.2022).

31. Applebee S. Getting Started with VR Interface Design // Smashing Magazine. – [S. l.], 2017. – URL: https://www.smashingmagazine.com/2017/02/getting-started-with-vr-interface-design/ (access date: 02.06.2022).

32. AR/VR Headset Shipments Grew Dramatically in 2021, Thanks Largely to Meta's Strong Quest 2 Volumes, with Growth Forecast to Continue, According to IDC // IDC: The premier global market intelligence company. – [S. l.], 2022. – URL: https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS48969722 (access date: 01.06.2022).

33. Boulevard Arts official web page. – [S. l.], 2022. – URL: https://www.blvrd.com/ (access date: 02.06.2022).

34. Effectiveness of virtual reality in nursing education: meta-analysis / F. Q. Chen, Y. F. Leng, J. F. Ge [et al.] // Journal of medical Internet research. – 2020. – Vol. 22, № 9. – URL: https://www.jmir.org/2020/9/e18290 (access date: 02.06.2022).

35. Cryengine android beta program // Cryengine. – [S. l.], 2020. – URL: https://www.cryengine.com/news/view/cryengine-android-beta-program (access date: 02.06.2022).

36. Cryengine V manual documentation. – [S. l.], 2022. – URL: https://docs.cryengine.com/ (access date: 02.06.2022).

37. Diegetic and non-diegetic health interfaces in VR shooter games / K. Koehle, M. Hoppe, A. Schmidt, V. Mäkelä // IFIP Conference on Human-Computer Interaction. – Springer, Cham, 2021. – P. 3-11.

38. Lone Echo Review // IGN. – [S. l], 2017. – URL: https://www.ign.com/articles/2017/08/01/lone-echo-review (access date: 02.06.2022).

39. Metacritic Official web page. – [S. l.], 2022. – URL: https://www.metacritic.com/ (access date: 02.06.2022).

40. Most popular video gaming genres among PC and console gamers in the United States March 2021 and March 2022 // Statista. – [S. l.], 2022. – URL: https://www.statista.com/statistics/1301511/us-top-gaming-genres-console-pc/ (access date: 02.06.2022).

41. Outstanding Original Interactive Program Nominees And Winners 2017 // Television Academy. – [S. l.], 2017. – URL: https://www.emmys.com/awards/nominees-winners/2017/outstanding-original-interactive-program (access date: 02.06.2022).

42. Steam Hardware & Software Survey // Steam. – [S. l.], 2022. – URL: https://store.steampowered.com/hwsurvey (access date: 02.06.2022).

43. The 51 Best VR Games // CNET. – [S. l.], 2018. – URL: https://www.cnet.com/pictures/best-vr-games/ (access date: 02.06.2022).

44. The Beginner's Guide To Spin And 360 Product Photography // Linchpin SEO. – [S. l.], 2022. – URL: https://linchpinseo.com/spin-360-product-photography/ (access date: 02.06.2022).

45. The Best VR Games for 2022 // PC Magazine. – [S. l.], 2022. – URL: https://uk.pcmag.com/games/131016/the-best-vr-games-for-2021 (access date: 02.06.2022).

46. Unity User Manual. – [S. l.], 2022. – URL: https://docs.unity3d.com/ (access date: 02.06.2022).

47. Universal Render Pipeline // Unity User Manual. – [S. l.], 2022. – URL: https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.render-pipelines.universal@11.0/manual/ (access date: 02.06.2022).

48. Unreal Engine 5 Documentation. – [S. l.], 2022. – URL: https://docs.unrealengine.com/ (access date: 02.06.2022).

49. User interface // Cambridge English Dictionary. – [U. K.], 2022. – URL: https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/user-interface (access date: 02.06.2022).

50. Virtual and augmented reality in oncologic liver surgery / G. Quero, A. Lapergola, L. Soler [et al.] // Surgical Oncology Clinics. – 2019. – Vol. 28, № 1. – P. 31-44.

51. Virtual Reality // Cambridge English Dictionary. – [U. K.], 2022. – URL: https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/virtual-reality (access date: 02.06.2022).

52. Virtual Reality In Gaming Global Market Report 2022 // ReportLinker. – [S. l.], 2022. – URL: https://www.reportlinker.com/p06244968/Virtual-Reality-In-Gaming-Global-Market-Report.html?utm_source=GNW (access date: 01.06.2022).

53. Virtual Reality Market Size, Share & Trends Analysis Report By Technology (Semi & Fully Immersive, Non-immersive), By Device (HMD, GTD, PDW), By Component (Hardware, Software), By Application, By Region, And Segment Forecasts, 2022 - 2030 // Grand View Research. – [S. l.], 2022. – URL: https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/virtual-reality-vr-market (access date: 01.06.2022).

54. Writing shaders // Unity User Manual. – [S. l.], 2022. – URL: https://docs.unity3d.com/Manual/shader-writing.html (access date: 02.06.2022).

55. XR Interaction Toolkit // Unity User Manual. – [S. l.], 2022. – URL: https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.xr.interaction.toolkit@2.0/manual/index.html (access date: 02.06.2022).

АНТИПЛАГИАТ
ОБНАРУЖЕНИЕ ЗАИМСТВОВАНИЙ

Отчет о проверке на заимствования №1

Автор: Лямзин Назар Сергеевич
Проверяющий: Лямзин Назар Сергеевич (n7garrus@stud.tsu.ru / ID: 6420636)

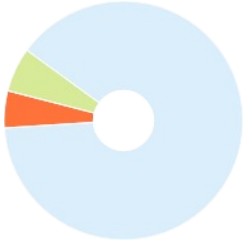
Отчет предоставлен сервисом «Антиплагиат» - http://users.antiplagiat.ru

ИНФОРМАЦИЯ О ДОКУМЕНТЕ

№ документа: 7
Начало загрузки: 10.06.2022 09:04:43
Длительность загрузки: 00:00:07
Имя исходного файла: ВКР_ЛямзинНС.pdf
Название документа: ВКР_ЛямзинНС
Размер текста: 1 кБ
Символов в тексте: 89243
Слов в тексте: 11015
Число предложений: 777

ИНФОРМАЦИЯ ОБ ОТЧЕТЕ

Последний готовый отчет (ред.)
Начало проверки: 10.06.2022 09:04:51
Длительность проверки: 00:00:28
Комментарии: не указано
Поиск с учетом редактирования: да
Модули поиска: ИПС Адилет, Библиография, Сводная коллекция ЭБС, Интернет Плюс, Сводная коллекция РГБ, Цитирование, Переводные заимствования (RuEn), Переводные заимствования по eLIBRARY.RU (EnRu), Переводные заимствования по eLIBRARY.RU (KkRu), Переводные заимствования по eLIBRARY.RU (KyRu), Переводные заимствования по Интернету (EnRu), Переводные заимствования по Интернету (KkRu), Переводные заимствования по Интернету (KyRu), Переводные заимствования (KkEn), Переводные заимствования (KyEn), Переводные заимствования издательства Wiley (RuEn), eLIBRARY.RU, СПС ГАРАНТ, Медицина, Диссертации НББ, Перефразирования по eLIBRARY.RU, Перефразирования по Интернету, Перефразирования по коллекции издательства Wiley, Патенты СССР, РФ, СНГ, СМИ России и СНГ, Шаблонные фразы, Кольцо вузов, Издательство Wiley, Переводные заимствования



ЗАИМСТВОВАНИЯ	САМОЦИТИРОВАНИЯ	ЦИТИРОВАНИЯ	ОРИГИНАЛЬНОСТЬ
5,16%	0%	5,89%	88,95%

Заимствования — доля всех найденных текстовых пересечений, за исключением тех, которые система отнесла к цитированиям, по отношению к общему объему документа.
Самоцитирования — доля фрагментов текста проверяемого документа, совпадающий или почти совпадающий с фрагментом текста источника, автором или соавтором которого является автор проверяемого документа, по отношению к общему объему документа.
Цитирования — доля текстовых пересечений, которые не являются авторскими, но система посчитала их использование корректным, по отношению к общему объему документа. Сюда относятся оформленные по ГОСТу цитаты; общеупотребительные выражения; фрагменты текста, найденные в источниках из коллекций нормативно-правовой документации.
Текстовое пересечение — фрагмент текста проверяемого документа, совпадающий или почти совпадающий с фрагментом текста источника.
Источник — документ, проиндексированный в системе и содержащийся в модуле поиска, по которому проводится проверка.
Оригинальность — доля фрагментов текста проверяемого документа, не обнаруженных ни в одном источнике, по которым шла проверка, по отношению к общему объему документа.
Заимствования, самоцитирования, цитирования и оригинальность являются отдельными показателями и в сумме дают 100%, что соответствует всему тексту проверяемого документа.
Обращаем Ваше внимание, что система находит текстовые пересечения проверяемого документа с проиндексированными в системе текстовыми источниками. При этом система является вспомогательным инструментом, определение корректности и правомерности заимствований или цитирований, а также авторства текстовых фрагментов проверяемого документа остается в компетенции проверяющего.

№	Доля в отчете	Источник	Актуален на	Модуль поиска	Комментарии
[01]	4,88%	не указано	13 Янв 2022	Библиография	
[02]	1,01%	не указано	13 Янв 2022	Шаблонные фразы	
[03]	1,09%	СОФТ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ИГРОВЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ: ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ДВИЖКОВ. http://elibrary.ru	17 Янв 2019	Перефразирования по eLIBRARY.RU	
[04]	0,28%	https://www.tsu.ru/upload/medialibrary/9ff/metodicheskie-ukazaniya-k-oformleniyu-rabot-obuchayushchikhsya-ni-tgu.pdf https://tsu.ru	10 Июн 2022	Интернет Плюс	
[05]	0,35%	https://www.tsu.ru/upload/medialibrary/759/rekomenduemyy_shablon_programmy_gia-26.01.2021.docx https://tsu.ru	24 Янв 2022	Интернет Плюс	
[06]	0,42%	https://naukaip.ru/wp-content/uploads/2020/03/MK-731.pdf (1/2) https://naukaip.ru	23 Апр 2020	Интернет Плюс	
[07]	0%	https://naukaip.ru/wp-content/uploads/2020/03/MK-731.pdf https://naukaip.ru	18 Янв 2021	Интернет Плюс	
[08]	0%	https://naukaip.ru/wp-content/uploads/2020/03/MK-731.pdf https://naukaip.ru	18 Янв 2021	Интернет Плюс	
[09]	0%	https://naukaip.ru/wp-content/uploads/2020/03/MK-731.pdf https://naukaip.ru	07 Апр 2020	Интернет Плюс	
[10]	0%	Пошаговая инструкция: создание первого VR-интерфейса за пять минут — Офтоп на vc.ru https://vc.ru	30 Июн 2021	Интернет Плюс	
[11]	0,55%	Пошаговая инструкция: создание первого VR-интерфейса за пять минут http://pcnews.ru	04 Янв 2019	СМИ России и СНГ	

[12]	0,19%	Обзор образовательных возможностей технологий виртуальной реальности	30 Мая 2016	Кольцо вузов	
[13]	0,24%	http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/services/Download/vital:10548/SOURCE01 http://vital.lib.tsu.ru	13 Мар 2020	Интернет Плюс	
[14]	0,38%	yudina_v_d_osnovnye-principy-postroeniya-distancionnyh-metodov-obucheniya-v-post-kovidnom-mire-c-ispolzovaniem-.docx	19 Мая 2021	Кольцо вузов	
[15]	0%	utkin_a_yu_vyyavlenie-usloviy-dlya-uskoreniya-diffuzii-tehnologii-vr-v-sfere-interaktivnyh-razvlecheniy-i-bizne.pdf	30 Мая 2021	Кольцо вузов	
[16]	0%	Курсовая_Сайкина_ВР_МЕН20-4.docx	25 Мая 2021	Кольцо вузов	
[17]	0%	Харламов_МА_ОБЗОР НОВЕЙШИХ СИСТЕМ ОБУЧЕНИЯ В МЕДИЦИНЕ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИИ ВИРТУАЛЬНОЙ И ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ	17 Ноя 2021	Кольцо вузов	
[18]	0%	Рынок устройств виртуальной и дополненной реальности https://tadviser.ru	12 Апр 2022	Интернет Плюс	
[19]	0,33%	Мировой рынок AR- и VR-гарнитур за год взлетел на 92,1%. Лидеры http://tadviser.ru	22 Мар 2022	СМИ России и СНГ	
[20]	0%	АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ В ДИСТАНЦИОННОМ ОБУЧЕНИИ. http://elibrary.ru	11 Мая 2018	Перефразирования по eLIBRARY.RU	
[21]	0,35%	Аннотация и текст статьи http://vernadsky.tstu.ru	05 Янв 2017	Перефразирования по Интернету	
[22]	0%	ВКР студента группы З-Б-ИВТ-11 Ефремова АВ	31 Мая 2016	Кольцо вузов	
[23]	0%	СОФТ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ИГРОВЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ: ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ДВИЖКОВ. http://elibrary.ru	17 Янв 2019	eLIBRARY.RU	
[24]	0,03%	Powered by TCPDF (- PDF Скачать Бесплатно https://docplayer.ru	17 Янв 2020	Интернет Плюс	
[25]	0,04%	Скачать - 2,9 МБ http://nauchkor.ru	22 Авг 2018	Интернет Плюс	
[26]	0,3%	192496_m-ifst2121_2021_1	10 Фев 2022	Кольцо вузов	
[27]	0,14%	ВИРТУАЛЬНАЯ РЕАЛЬНОСТЬ (VR) В КЛИНИЧЕСКОЙ МЕДИЦИНЕ: МЕЖДУНАРОДНЫЙ И РОССИЙСКИЙ ОПЫТ – тема научной статьи по наукам о здоровье читайте бесплатно текст научно-исследовательской работы в электронной библиотеке КиберЛенинка https://cyberleninka.ru	26 Мая 2022	Интернет Плюс	
[28]	0%	Вагнер, Дмитрий Викторович Высокочастотные электромагнитные характеристики композиционных радиоматериалов на основе гексагональных ферритов : диссертация ... кандидата технических наук : 01.04.03 Томск 2019 http://dlib.rsl.ru	27 Дек 2019	Сводная коллекция РГБ	
[29]	0,05%	Обучение персонала: 5 технологий будущего, которые внедряются уже сегодня — Будущее на vc.ru https://vc.ru	23 Фев 2021	Интернет Плюс	
[30]	0,15%	Юхимец, Дмитрий Александрович Методы формирования программных сигналов и высокоточного управления скоростным движением подводных аппаратов : диссертация ... доктора технических наук : 05.13.01 Владивосток 2014 http://dlib.rsl.ru	22 Авг 2019	Сводная коллекция РГБ	
[31]	0,11%	http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/services/Download/vital:5691/SOURCE01 http://vital.lib.tsu.ru	27 Янв 2020	Интернет Плюс	
[32]	0%	Обучение персонала: 5 технологий будущего, которые внедряются уже сегодня — Будущее на vc.ru https://vc.ru	26 Апр 2022	Интернет Плюс	
[33]	0%	МЕТАВСЕЛЕННАЯ КАК ГЛОБАЛЬНЫЙ ТРЕНД ЭКОНОМИКИ – тема научной статьи по экономике и бизнесу читайте бесплатно текст научно-исследовательской работы в электронной библиотеке КиберЛенинка https://cyberleninka.ru	10 Июн 2022	Интернет Плюс	
[34]	0%	http://drlev.ru/pict/kolomna18.pdf http://drlev.ru	19 Янв 2022	Интернет Плюс	
[35]	0,06%	скачать PDF http://spbume.ru	21 Сен 2017	Интернет Плюс	
[36]	0%	kojin_a_d_razrabotka-urovnya-golovolomka-v-multijanrovoy-igre.docx	30 Мая 2019	Кольцо вузов	
[37]	0,01%	отзыв http://phil.spbu.ru	08 Сен 2016	Интернет Плюс	
[38]	0,07%	ЦИФРОВЫЕ СКВОЗНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: РЕАЛИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ — ЦИТИСЭ http://ma123.ru	01 Апр 2021	Интернет Плюс	
[39]	0%	Как «реалистичный» интерфейс может пойти во вред погружению — Gamedev на DTF https://dtf.ru	10 Июн 2022	Интернет Плюс	
[40]	0%	https://elib.bsu.by/bitstream/123456789/248204/1/103-117.pdf https://elib.bsu.by	30 Апр 2022	Интернет Плюс	Источник исключен. Причина: Маленький процент пересечения.