# **Актуальность**

Видеоигра является [электронной игрой](https://en.wikipedia.org/wiki/electronic_game) , которая базируется на взаимодействии человека и устройства посредством визуального [интерфейса](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%80%D1%84%D0%B5%D0%B9%D1%81): [телевизора](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%B2%D0%B8%D0%B7%D0%BE%D1%80), [монитора](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BE%D1%80_(%D1%83%D1%81%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B9%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE)) компьютера, телефона.

Кроссплатформенность видеоигры обуславливается наличием версий приложения, предназначенных для двух и более аппаратных платформ. В рамках данной дипломной работы рассматривается процесс разработки видеоигры для персональных компьютеров под управлением операционной системы Windows 10+ и для мобильных устройств под управлением ОС Android версии 5.0+.

Индустрия видеоигр, включающая разработку, издание и продвижение – одна из самых быстро развивающихся отраслей компьютерных технологий и одновременно глобального сектора развлечений. За 2022 год рост рынка видеоигр составил 15 процентов, рост рынка мобильных приложений и видеоигр составил 25 процентов по данным аналитиков TelecomDailys.

В настоящее время на российском рынке видеоигр наблюдается отток иностранных компаний, связанный с внешнеполитическими решениями правительства России. Такие иностранные компании как CD Projekt RED, Bloober Team и другие отказались от продаж в РФ, компании Steam и Nintendo блокируют покупки за российскую валюту. Вследствие образования рыночного вакуума актуализировалась отечественная разработка видеоигр.

# **Обзор проекта**

Разработанная в рамках дипломного проекта кроссплатформенная видеоигра представляет собой 2D платформер - приключение, в котором игрок должен взять на себя роль доставщика почты, и на своем пути из начальной точки в конечную раздать посылки, решить множество головоломок а также познакомиться с сюжетом игры. Мир видеоигры разбит на 3 основных зоны, каждая зона представлена сценой в среде Unity. Сцена содержит фоновые декорации, внутренности помещений, акторов-персонажей (представляющих собой игровой объект, состоящий из физической модели, визуальной части и компонентов базового класса Unity Monobehavior), а также множество предметов (также являющиеся игровыми объектами, обладающими физической моделью, визуальной частью, программными компонентами), которые будут использоваться игроком.

Виртуальный мир видеоигры представлен в виде многослойного плоского пространства с эффектом параллакса.

Так как путь через игровой мир будет занимать множество внутриигровых суток, в дипломном проекте реализована визуализация смены дня и ночи, а также имитация освещения и светотени.

Игровой мир имеет 4 состояния (полдень, полночь, рассвет, закат). Состояния плавно переключаются между собой, рендер теней реагирует на положение солнца. При каждом состоянии становятся активны соответствующие элементы окружения (например, в дневное время суток на небе можно увидеть Солнце).

Главный герой игры - управляемый игроком с помощью кнопок интерфейса и жестов ( на мобильных платформах) актор, игровой персонаж. Игровой персонаж обладает плоской физической моделью, что позволяет ему участвовать в физической симуляции мира игры.

Основные функции игрока:

* -Передвижение по твёрдой, неровной поверхности, прыжки в различных направлениях, реакция на контакт с землёй;
* -Физически корректное взаимодействие с движущимися объектами;
* -Взаимодействие с игровыми объектами (возможность брать мелкие объекты в руки, возможность взаимодействия с различными механизмами и приспособлениями (рычаги, вентили, крюки для игровых объектов);
* -Взаимодействие с источниками освещения (возможность отбрасывать тень);

Персонаж игры может передвигаться по игровому миру как самостоятельно, так и с помощью парового колесного механизма. Паровая машина состоит из множества модулей, позволяющих ей функционировать. Игрок должен поддерживать техническое состояние модулей для их работы;

Основные функции паровой машины:

* -Возможность движения по игровому миру под управлением игрока;
* -Физически корректное взаимодействие с поверхностью земли;
* -Расход топлива и других компонентов при движении;
* -Возможность пополнения расходных материалов;
* -Возможность перевозки и сохранения игровых объектов, найденных игроком и персонажей игры;
* -Обеспечение работы модулей;
* -Поломка модулей и возможность их починки;

На пути игрока через игровой мир созданы преграды - головоломки, которые должен решить игрок, чтобы получить вознаграждение или открыть путь дальше.

Дополнительные модули для паровой машины, а также головоломки и сюжетные моменты вводятся в игру согласно кривой интереса.

В игре представлено множество механизмов и головоломок, с которыми взаимодействует игрок с помощью физического воздействия главного персонажа или взаимодействия с элементами интерфейса. Рассмотрим пример взаимодействия игрока и одной из головоломок игры.

(Тут пример какой-нибудь головоломки и её блок-схема решения)

В проекте реализовано большое количество (~ 100) игровых предметов, которые игрок может использовать в прохождении и коллекционировать.

Основные функции предметов:

- Возможность “брать их в руки” ;

- Физическое взаимодействие предметов с окружением;

- Возможное использование предметов игроком в качестве расходных материалов для модулей машины (топливо, жидкость для парового котла);

- Возможное использование предметов игроком для помощи в прохождении игры (например, фонарик, развеивающий темноту ночью);

- Возможное использование предметов в качестве необходимого предмета для решения головоломки (например, шестерёнки в механизме);

- Развлекательные функции (например, радио, музыкальный инструмент).

Таким образом, можно выделить основные составляющие игры:

(Картинка как связаны все компоненты, общая)

* Окружение

1. -интерактивные механизмы и предметы
2. -фоновые объекты
3. -имитация 3D освещения
4. -машина и модули

* Акторы

1. -Игрок
2. -Сюжетные персонажи

# **Обоснование выбора платформы**

В качестве среды разработки приложения была выбрана кроссплатформенная среда Unity, созданная американской компанией Unity Technologies. Такой выбор обоснован техническими возможностями Unity, гибкостью движка и подходом к кроссплатформенной разработке.

Unity позволяет создавать приложения, работающие на более чем 25 актуальных платформах, среди которых ПК под управлением ОС Windows, macOS, Linux, мобильные устройства под управлением ОС Android, IOS, игровые консоли PlayStation 4 и PlayStation 5, XBox One, интернет приложения WebGL.

Для создания приложения для нескольких платформ в одном проекте Unity предоставляет инструменты для одновременного использования игровых ассетов и кода, а также позволяет использовать один и тот же интерфейс приложения для разных платформ. Настройка приложения для различных платформ производится автоматически или в ручном режиме. Для проектов на Unity также доступны библиотеки и плагины, разработанные сторонними компаниями и пользователями, которые позволяют ускорить и упростить процесс разработки. Все это делает Unity отличным выбором для разработки приложений на разных платформах.

Благодаря представленным возможностям кроссплатформенной разработки, разработчику приходится тратить меньше денежных ресурсов на разработку и поддержку версий для различных устройств.

Unity имеет несколько различных тарифных планов, благодаря чему любая компания или разработчик может подобрать себе наиболее оптимальный план.

Unity Personal - это бесплатный тарифный план, предназначенный для компаний и разработчиков с денежным оборотом менее 100 тыс. долларов США в год. Он предоставляет доступ ко всем инструментам Unity и позволяет создавать приложения для более чем 25 платформ. При запуске созданное приложение выводит на экран устройства вотермарку с логотипом среды Unity, которую возможно скрыть при переходе на план Unity Plus, в котором также доступны дополнительные инструменты аналитики приложений. При использовании тарифного плана Unity Plus потолок прибыли разработчика составляет 200 тыс. долларов США в год.

Unity Pro - платный тарифный план, который предоставляет доступ к техподдержке продуктов Unity Technologies и расширенным инструментам и возможностям, таким как поддержка физического движка Havok, инструменты для работы с VR Unity Mars, профессиональные аналитические инструменты, доступ к исходному коду движка.

Unity Enterprise - тарифный план для больших игровых компаний, предлагающий специальные отраслевые решения и расширенную LTS.

Unity отлично подходит для реализации плагинов для разработки внутри проекта, которые можно с лёгкостью интегрировать для отображения в интерфейсе движка. Для реализации собственных инструментов можно взаимодействовать с макетом редактора UnityEditor, консолью и инструментами отладки и редактирования сцены Gizmos напрямую, или воспользоваться сторонним дополнением для создания инструментов и настройки пользовательских интерфейсов созданных инструментов. Подобные системы ускоряют процесс разработки и положительно влияют на качество продукта, благодаря повышению удобства взаимодействия разработчика с движком, а также повышению автоматизации разработки.

Unity предоставляет полную поддержку разработки игр и приложений в 3D и 2D. Движок располагает мощными инструментами для создания игровой механики, симуляции 2D и 3D физики, трехмерной графики (работа с моделями, освещением, шейдерами, системами частиц, текстурами и материалами), двумерной графики (работа со спрайтами, оптимизация 2D –графики, 2D-освещение), костной векторной, покадровой анимации, работы с объемным звуком. Unity может одновременно работать с 2D и 3D объектами в одном проекте.

Другим преимуществом Unity является мощная система разработки интерфейса пользователя, которая позволяет создавать интерфейсы для видеоигр и приложений, используя привязки (Anchors) и правила трансформации GUI-объектов, благодаря чему интерфейс созданного приложения адаптирован практически к любому соотношению сторон и разрешению экрана целевого устройства, что особенно важно при разработке для мобильных устройств, т.к в данный момент в эксплуатации потребителей находится множество моделей мобильных устройств с различными характеристиками дисплея.

Движок Unity является основным продуктом Unity Technologies и поддерживает современные, актуальные технологии, такие как:

-Поддержка разработки игр с виртуальной и дополненной реальностью.

-Система трассировки лучей в реальном времени (RTX), которая моделирует аналогичные природным свойства лучей света, их взаимодействие с физическими объектами и материалами.

-Horizon-based Ambient occlusion (HBAO) - на данный момент наряду с HDAO наиболее совершенная технология затенения и рендеринга, используемая для расчета того, насколько каждая точка сцены подвержена воздействию окружающего освещения.

По итогу рассмотрения технологий, возможных подходов к разработке и технических решений, воплощенных в среде Unity, движок был выбран в качестве среды разработки.

# **Архитектура приложения**

Архитектура приложения - это общая структура приложения и то, как его компоненты взаимодействуют друг с другом. Важно, чтобы архитектура приложения была разработана таким образом, чтобы обеспечить масштабируемость и легкую отладку. Кроме того, при разработке архитектуры необходимо учитывать конкретные аппаратные и программные компоненты целевых платформ, а также специфические потребности пользователя. Учитывая специфику видеоигр, при создании приложений на движке Unity обычно используют архитектуру на базе КОП - Компонентно-ориентированного программирования.

КОП - это тип программирования, при котором следует фокусироваться на разбиении сложных задач на небольшие, управляемые компоненты. Это позволяет разработчикам создавать сложные приложения, комбинируя несколько компонентов различными способами. КОП упрощает разработчикам создание и отладку отдельных модулей, а также позволяет упростить повторное использование компонентов в различных модулях. Кроме того, КОП также позволяет сократить время разработки и упростить интеграцию с другими системами.

На практике данный подход был реализован в том числе в создании игровых предметов. Представленный на рисунке игровой предмет является объектом, содержащим компоненты itemWeight, itemMagnet, itemScrap и.т.д

(Картинка – предмет и его компоненты).

Каждый компонент объекта отвечает за определенное свойство (itemWeight - компонент, отвечающий за вес предпета, itemMagnet - компонент, придающий предмету свойство магнита, itemScrap - компонент, позволяющий разбирать предмет ЕЩЕ КАКИЕ-НИБУДЬ). Таким образом, был создан ограниченный набор компонентов, благодаря уникальным сочетаниям и настройкам которых реализовано множество различающихся игровых предметов. На практике благодаря КОП переиспользование кода возрастает в разы.

(Картинка - предметы и их компоненты, переиспользование компонентов)

Архитектура Model-View-Controller (MVC) является популярным шаблоном проектирования, используемым при разработке программного обеспечения, и может быть использована также при разработке игр. В этом шаблоне модель представляет данные или информацию игры, представление представляет графический интерфейс, а контроллер отвечает за обработку событий, пользовательский ввод и обновление представления и модели. Такая архитектура обеспечивает большую гибкость и масштабируемость при разработке игр. Это также отделяет логику от уровня представления, облегчая разработчикам модификацию или расширение игры без необходимости вносить изменения во всю систему. Кроме того, использование MVC позволяет создать более безопасную систему, поскольку модель может быть защищена от вредоносного пользовательского ввода.

(Картинка схема MVC модели)

В проекте используется изменённая архитектура MVC - MVVMC, содержащая модель, представление, прослойку View-Model и контроллер. Данная архитектура реализована во всех модулях паровой машины, используется в различных элементах игры (головоломках, устройствах на локации).

(Картика схема MVVMC)

Рассмотрим реализацию архитектуры MVVMC на примере созданной системы подачи топлива в паровую машину.

(Картика взаимодействие компонентов и модулей).

Организация компонентов представлена на рисунке. В данном случае пользователь с помощью кнопки с задержкой активирует топку, сжигающую попавшие внутрь предметы, после чего пополняется уровень топлива.

(Блок-схема взаимодействия)

Внутриигровая UI - кнопка с компонентом HBar (View) передаёт сигнал о срабатывании компоненту module Base (VM), вызывает установленный метод. VM определяет контроллер module Furnance, вызываемый компонентом кнопки, контроллер обрабатывает событие и выводит показатель топлива на пользовательский интерфейс (View).

Таким образом, в дипломном проекте была реализована гибридная архитектура приложения, что позволило добиться масштабируемости модулей с помощью различных шаблонов, применяя их там, где это было удобно и необходимо.

# **Особенности использования движка Unity**

При использовании Unity в разработке видеоигр важно знать основные концепции и особенности работы в среде.

Разработанная в Unity видеоигра состоит из множества связанных между собой сцен. Сцена - это пространство для заполнения контентом, использующееся разработчиком в качестве игрового мира. Взаимодействие со сценами происходит с помощью инструмента UnityEngine SceneManagement, позволяющего работать со сменой сцен, загрузкой и выгрузкой их ресурсов в память.

Контент, добавленный разработчиком на сцену, помещается в список объектов на сцене. Unity поддерживает концепцию ООП в формировании иерархии объектов на сцене.

В иерархии сцены содержатся дочерние и родительские объекты - это важная концепция в движке Unity Engine. Дочерние объекты - это объекты, которые создаются внутри других объектов, также известных как родительские объекты. Дочерние объекты могут наследовать свойства родительского объекта, такие как положение, поворот и масштаб. Дочерние объекты также можно перемещать, вращать и масштабировать относительно родительского объекта. Это позволяет создавать комплексные игровые объекты, а также упрощает управление ими.

GameObjects - игровые объекты, это основные элементы любого приложения на движке Unity Engine. GameObjects - это, по сути, контейнеры, которые могут содержать такие компоненты, как компоненты MonoBehavior, аудио, графические компоненты, игровую физику. Они также могут содержать другие GameObjects, которые могут быть вложены друг в друга для создания сложных иерархий объектов. Объекты GameObjects можно перемещать, вращать и масштабировать в игровом мире, а также изменять из пользовательского интерфейса редактора их публичные свойства.

Движок Unity Engine предоставляет ряд стандартных компонентов, обеспечивающих базовые возможности объектов. Рассмотрим некоторые из них. Компонент Transform используется для перемещения, вращения и масштабирования объектов в игровом мире.

* Компонент Rigidbody используется для создания взаимодействий на основе физики, таких как гравитация и столкновения.
* Вариации компонента Collider используется для создания физической формы объекта, использующейся в столкновениях, а компонент Joints - для создания физических зависимостей между объектами.
* Компоненты Mesh Renderer и Sprite Renderer используются в Unity для рендеринга 3D и 2D объектов соответственно. Компонент Mesh Renderer используется для рендеринга 3D-объектов в игровом мире, таких как модели и рельеф. Компонент Sprite Renderer используется для рендеринга 2D-объектов, таких как спрайты и элементы пользовательского интерфейса.
* Компонент Audio Source используется для воспроизведения звука в игровом мире, а компонент Audio Listener - для обнаружения звука.

Кроме того, Unity предоставляет ряд других компонентов, которые можно использовать для создания сложных игровых механик.

Пользовательские компоненты в Unity - это компоненты, которые создаются разработчиками для расширения функциональности движка Unity Engine. Пользовательские компоненты можно использовать для создания новых игровых механик, таких как движение персонажа, взаимодействие с объектами, взаимодействие на основе физики. Пользовательские компоненты также могут использоваться для создания элементов интерфейса. Кроме того, такие компоненты можно использовать для создания шейдеров и эффектов, а также для интеграции внешних библиотек и API в Unity.

Класс MonoBehaviour - это базовый класс, от которого происходят все компоненты Unity. Он обеспечивает базовую функциональность скриптов, такую как возможность обновления, запуска и остановки скрипта, а также доступ к различным API Unity. Он также отвечает за отправку сообщений другим скриптам и предоставляет доступ к компонентам объекта GameObject.

Стандартные методы MonoBehaviour в Unity включают Awake(), Start(), Update(), FixedUpdate(), LateUpdate(), OnGUI(), OnDisable(), OnEnable() и OnDestroy().

* Метод Awake() вызывается во время загрузки экземпляра компонента, до вызова любых других методов.
* Метод Start() вызывается перед первым обновлением кадра и используется для инициализации переменных или состояния игры.
* Метод Update() вызывается каждый кадр и используется для игровой логики, например, создания движения объектов.
* Метод FixedUpdate() вызывается каждый кадр с фиксированной частотой кадров и используется для расчетов физики.
* Метод LateUpdate() вызывается после вызова всех остальных методов Update() и используется для постобработки.
* Метод OnGUI() вызывается для рендеринга и обработки событий GUI.
* Метод OnDisable() вызывается, когда компонент на привязанном объекте отключен.
* Метод OnEnable() вызывается, когда компонент включен.
* Метод OnDestroy() - деструктор объекта.

# **6.Реализация в среде Unity**

Для создания видеоигры потребовалось создать игровой мир и объекты для его наполнения, реализовать необходимые компоненты для управления объектами и их взаимодействия, компоненты для создания привлекательного внешнего вида игры.

# **6.1 Создание освещения и затенения**

Основываясь на нарративных требованиях, а также для улучшения внешнего вида видеоигры была создана система смены времени суток, связанные с ней компоненты теней и прочие вспомогательные компоненты.

Созданная система освещения состоит из следующих компонентов:

* Контроллер смены времени суток
* Цветовые фильтры
* Контроллер тени
* Источники света
* Контроллер освещения

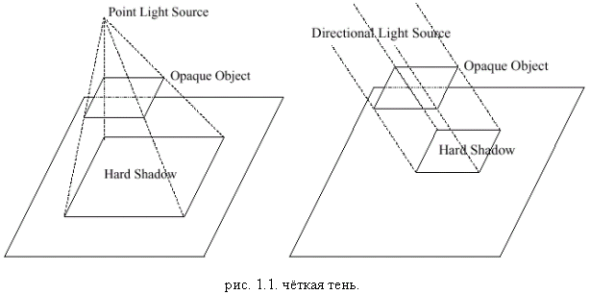
Цветовые фильтры, позволяют создать эффект утреннего, вечернего, ночного естественного освещения, путем наложения цветового слоя на объекты сцены. Слои фильтра имеют различный оттенок и прозрачность. Также, наряду с фильтрами применены эффекты цветовой коррекции. Для каждого времени суток создан пресет, позволяющий создать привлекательный вид окружения.

(Картинка – время суток, наполнение слоя и пресет, его конфигурации)

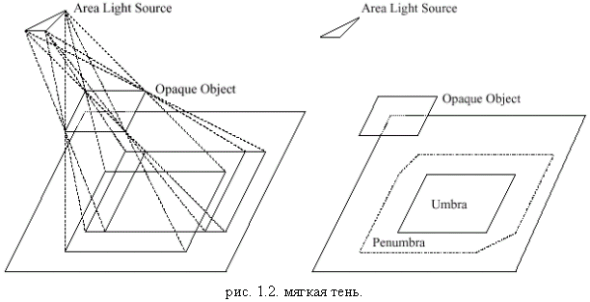
# **6.1.1 Визуализация теней объектов**

В компьютерной графике в реальном времени в случае, когда объекты отображаются без теней, у наблюдателя усиливается ощущение искусственности происходящего на экране, создается впечатление, будто объект не привязан к окружающей среде. Тень передает большое количество информации об объекте - по сути, она представляет объект с другой точки зрения и закрепляет его на задуманном месте в сцене.

В настоящее время визуализация тени 3D-модели происходит за счет анализа и проецирования полигонов объекта (плоскостей, ограниченных векторами и составляющих поверхность 3D-модели) на окружающее пространство. Современные графические укорители работают на уровне минимальных полигонов – треугольников и отдельных векторов, поэтому рендеринг тени не поддерживаются ими напрямую, и разработка инструмента для визуализации теней становится программной задачей, которую необходимо воплотить в движке игры.

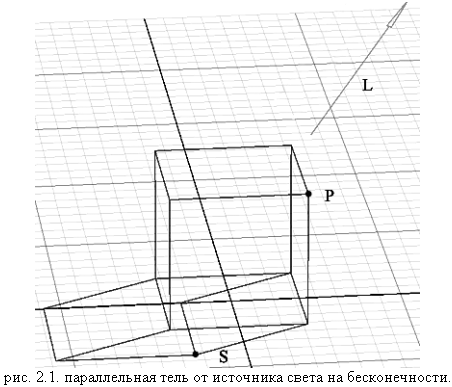
В 3D-графике различают чёткие (hard shadows) и мягкие (soft shadows) тени. Чёткие тени получаются, когда объект, отбрасывающий тень подвергается воздействию гипотетического точечного источника света (лучи исходят из точки-источника света и направлены к вершинам полигонов) или источника направленного параллельного света (все лучи исходят из различных точек плоскости источника света и параллельны некоторому базовому лучу, который и задает направление излучения). Во втором случае в качестве источника света предполагается бесконечно удаленный источник. 

На практике, во всех случаях воздействия света на объект мы имеем дело с протяжённым источником света, т.е источник света можно представить, как ряд точечных источников. В результате, под воздействием протяженного источника объект отбрасывает ряд теней, которые накладываются друг на друга и на участках многократного наложения образуют более затемнённые области. На данный момент графические ускорители не способны визуализировать тени от протяженных источников, поэтому, для получения мягких теней используется алгоритм размытия полученной тени, что создает псевдо-мягкую тень, имитацию тени и полутени.



Для создания 3D тени в игре был применен алгоритм, основанный на методе преобразования “на землю”. Данный алгоритм в чистом виде использовался в Quake (1996) и Half-Life (1998). Этот алгоритм был впервые описан Джимом Блинном, в работе “Me and my (fake) shadow”, в которой он описал уравнения для проектирования полигона на плоскость.

Метод преобразования полигона “на землю” использует геометрическую связь источника света и полигона, свойства подобных треугольников, для вычисления проекции каждого полигона модели на плоскость. Таким образом, тень также будет состоять из отображаемых на поверхности "теневых полигонов". Тень должна быть рассчитана для каждого источника света индивидуально, т.е. если объект освещается N источниками света, то необходимо рассчитать N теневых проекций.



В случае бесконечно удалённого источника предполагается, что лучи света, приходящие к объекту, полностью параллельны. Это позволит решить уравнение проекции только раз и применять полученное решение ко всем вершинам объекта.

Разберем преобразование координат вершин объекта на примере проекции на плоскость z =0. В случае направленного параллельного света:

Имея точку источника света L и вершину объекта P, необходимо получить проекцию вершины объекта на плоскость z=0, т.е. точку тени S

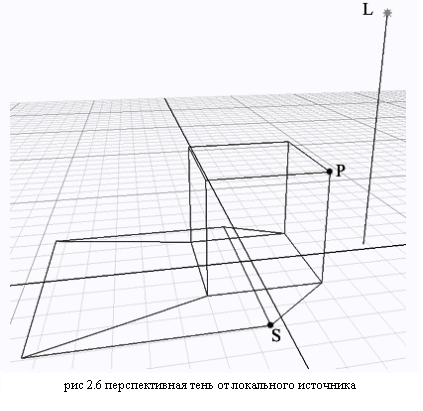
Исходя из свойств подобных треугольников получается: https://www.ixbt.com/video/theor/shadows/f4.gif

решая это уравнение относительно https://www.ixbt.com/video/theor/shadows/4-1.gif, получается:

https://www.ixbt.com/video/theor/shadows/f5.gif

если принять, что L это вектор из точки P к источнику света, то точку S можно выразить как

https://www.ixbt.com/video/theor/shadows/f6.gif



В случае точечного источника понадобятся дополнительные вычисления на каждую вершину, т.к. каждая вершина имеет, в общем случае, своё собственное направление на источник света. Если L это точка расположения источника света, то (2.3) принимает вид:

S = P + alfa(P - L) (9)

Приведенный метод визуализации применим при проецировании тени объекта на плоскость, но для обеспечения проекции на объекты сложной формы (композиции плоскостей, сферы), был применен рейкастинг.

Для точечного источника света L в направлении D через ключевые вершины объекта вершине модели направляются лучи Ri(d) = L + dDi.

При столкновении луча с плоскостью поверхности, точка столкновения Si становится вершиной будущей тени. Таким образом, детализация полученной тени зависит от количества выделенных для проекции вершин N объекта, отбрасывающего тень. По полученным точкам Si-N возможно выполнить триангуляцию, для последующего формирования 3D-сетки и визуализации тени объекта.

В случае, представленном в проекте, имеется 2D-изображение (спрайт), не имеющее геометрии (не представленное в виде совокупности взаимосвязанных полигонов), поэтому первой задачей на пути к проецированию тени спрайта является создание 3D-сетки из полигонов по форме спрайта.

Создание сетки происходит в несколько этапов:

**1) Выделение точек контура.**

На этом этапе следует определить точки, которые лежат на границе изображения и фонового пространства (в данном случае – альфа-слоя). Для выбора контурных точек на PNG изображении с прозрачным фоном можно использовать алгоритм маршрута границы:

1) Найти начальную точку (За начальную точку применяется самый верхний непрозрачный пиксель).

2) Выбрать следующую точку контура. Контурная точка выбирается по числу непрозрачных “соседей”. Точка, имеющая наименьшее число является пограничной.

2) Пункт 2 повторяется, пока не будет снова выбрана начальная точка.

Возможно, нужна блок-схема

В PNG изображении могут быть прозрачные “отверстия”, а также изображение может быть фрагментировано, разбито на несколько частей. В таких случаях алгоритму необходимо совершить несколько обходов для определения всех имеющихся контуров.

**2) Выделение узловых точек.**

Примененный метод заключается в том, чтобы определить точки контура, в которых происходит смена направления или кривизны линии.

Кривизна в точке M на контуре определяется как отношение

k = (d{teta}/ds), где

k – кривизна, {teta} – угол между касательной к точке Mi-1 и M, s – длина дуги от Mi-1 до M

Точка становится узловой, когда кривизна точки контура превышает некоторый заданный пороговый уровень. Этот пороговый уровень зачастую выбирается экспериментально.

**3) Триангуляция**

Полученные узловые точки готовы к триангуляции. Триангуляция – процесс разбиения многоугольника (фигуры, образованной узловыми точками) на треугольники с непересекающимися гранями. Эти треугольники лягут в основу будущей 3D-сетки тени.

Триангулированный меш, картинка

Существует множество различных алгоритмов триангуляции. В проекте был применен алгоритм “отрезания ушей” или алгоритм Ван Гога. Он основывается на том, что любой выпуклый многоугольник может быть разбит на треугольники без пересечения ребер. Шаги алгоритма:

1. Выбрать одну из вершин многоугольника.

2. Найти две соседние вершины, образующие с текущей вершиной выпуклый угол.

3. Проверить, лежит ли внутри этого угла некоторая другая вершина многоугольника. “Ушную" проверку вершины будем осуществлять алгоритмом принадлежности точки *n*-угольнику.

4. Если такая вершина найдена, то текущая вершина не является “ухом”, и ее можно пропустить. Если же такой вершины нет, то текущая вершина является “ухом”.

5. Соединить вершину уха с соседними вершинами, образующими угол. Это образует треугольник, который заносится в список треугольников

6. Удалить вершину уха из многоугольника.

7. Повторять шаги 1-6, пока не останется только треугольник.

**4) Генерация 3D-сетки**

Наконец, после произведения триангуляции полученные полигоны можно объединить в сетку средствами движка Unity. На 3D модель со сгенерированной сеткой накладывается материал тени.

Генерация 3D-сетки тени спрайта производится один раз и обновляется в течении игры вместе с изменением геометрии тени спрайта.

# **6.1.2 Управление тенью**

Для уменьшения вычислительной нагрузки объект может отбрасывать только одну тень. Целевой источник света выбирается исходя из дистанции до источника.

# **6.1.3 Визуализация света**

Так как затенение в темное время суток производится с помощью фильтров с определенным образом непрозрачности, источники света, такие как фонари, должны образовывать прозрачные области просвета. Для создания мягкий краев областей просвета была применена техника теневых масок и проективного наложения изображения

Объект, который создает световое пятно рисуется с точки зрения камеры чёрным цветом в белую текстуру. Размер текстуры зависит от того, насколько мелкие элементы объекта мы хотим видеть в тени (например, в игре Drakan: Order of the flame "теневая" текстура была размером примерно 32х32 пиксела). В реализованном проекте текстура имеет разрешение 2343423, что позволяет добиться высокой четкости изображения.

Плоскость, перпендикулярная направлению на камеру и расположенную сразу за объектом по лучу света — это и есть текстура, в которую производится отрисовка области просвета.

# **6.1.4 Управление внутриигровым временем**

ПРО КОНТРОЛЛЕР ВРЕМЕНИ

# **Параллакс**

Параллакс - эффект глубины в 2D-играх, позволяющий с помощью нескольких плоских подвижных слоев имитировать объем объекта при движении камеры.

В реализованном проекте все слои фона движутся вслед за камерой. Формула, задающая положение слоя в каждом кадре:

ФОРМУЛА

Каждый слой имеет множитель, отвечающий за смещение фона относительно камеры.

ПРО ПОКАЗАТЕЛИ МНОЖИТЕЛЯ

БЛОК СХЕМА АЛГОРИТМА

# **Пользовательский интерфейс**

Система пользовательского интерфейса Unity состоит из нескольких ключевых компонентов, включая Canvas, который является корневым компонентом. В этом компоненте определяется режим рендеринга и виртуальная камера, используемая для всех элементов Canvas. Стандартные элементы GUI включают в себя текст, изображения, ползунки и кнопки. Эти компоненты объединяются с помощью макета, такого как Grid или горизонтальная/вертикальная Layout Group. Наконец, пользовательский интерфейс оформляется с использованием эффектов анимации и переходов. С помощью стандартных компонентов можно создавать иммерсивные и интерактивные пользовательские интерфейсы.

Подходы к разработке пользовательского интерфейса в Unity

1. Проектирование пользовательского интерфейса: Основное внимание при разработке пользовательского интерфейса уделяется интуитивности и эффективности взаимодействий. Чтобы достичь этого, пользовательский интерфейс должен быть разработан с учетом основных сценариев взаимодействия с видеоигрой, потребностей пользователя. Элементы интерфейса должны быть структурированы по смыслу и расположены согласно иерархии объектов UI. Следует учитывать частоту, удобство взаимодействия с элементами UI

Макет и визуальный дизайн это расположение элементов на экране, использование цвета и типографики, а также общая эстетика GUI. Эти элементы задают настроение и стиль GUI.

Важные аспекты дизайна, на которые следует обратить внимание:

1. Элементы управления

Элементы управления пользовательского интерфейса должны быть максимально комфортны для пользователя.

2. Навигация

Навигация разрабатывается таким образом, чтобы направлять пользователя в необходимый раздел. (Интуитивно понятная навигация).

4. Доступность: Пользовательский интерфейс должен быть разработан таким образом, чтобы быть доступным для максимально широкого круга пользователей, независимо от их навыков работы с ПО.

5. Адаптация: Пользовательский интерфейс должен быть разработан с рассчетом на работу на различных устройствах, с разными параметрами экрана.

Отзывчивость: Элементы интерфейса должны выполнять закрепленные за ними функции с минимальной задержкой.

4. Привлекательность: Интерфейс должен быть разработан таким образом, чтобы быть приятным для пользователя, с привлекательными визуальными элементами и анимацией.

5. Тестирование: Пользовательский интерфейс следует тестировать и дорабатывать на протяжении всего процесса разработки, чтобы убедиться в соответствии потребностям и ожиданиям пользователя.

Здесь про макет ui из чего он состоит и тп

# **Оптимизация приложения**

Оптимизация в приложениях необходима для плавной работы и создания приятного пользовательского опыта. В разработке видеоигр оптимизация является одним из важнейших этапов, поскольку возможные задержки в выводе изображения на экран в результате недостаточных действий по оптимизации приложения неприемлемы.

Оптимизация видеоигры включает в себя процессы по обеспечению плавности и стабильности работы приложения, а также работы, направленные на увеличение частоты кадров приложения, уменьшение вычислительной нагрузки на ОЗУ, процессор и графический ускоритель, а также адаптация программного кода с учетом особенностей конкретных целевых устройств.

В среде Unity существует несколько методов оптимизации приложения:

1. Сокращение количества DrawCalls:

DrawCall - ресурсоемкая операция и может стать основным узким местом в игре. Draw Calls, вызовы отрисовки, выполняются графическим процессором устройства для отображения объектов на экране. Сокращение количества вызовов отрисовки за счет объединения объектов и использования текстур вместо отдельных объектов может значительно снизить нагрузку на GPU.

1.1 Для сокращения количества вызовов отрисовки может применяться технология импостеринга (impostor).

Импостеринг это способ оптимизации отображения объектов, которые находятся далеко от виртуальной камеры и которые можно заменить на более простые модели, называемые импостерами. Импостеры представляют собой двухмерные изображения, накладываемые на простейшие геометрические фигуры, такие как плоские многоугольники. Эти геометрические фигуры, в свою очередь, могут быть масштабированы и повернуты таким образом, чтобы имитировать формы объектов, которые они заменяют. Импостеринг позволяет значительно снизить нагрузку на процессор и графический ускоритель, так как вместо отображения детальных моделей, состоящих из множества полигонов, которые потребляют много вычислительных ресурсов для рендеринга, мы отображаем более простые модели, имеющий до нескольких десятков полигонов. Для реализации импостеринга определяется, какие объекты на сцене нуждаются в отображении импостеров, а какие должны отображаться в полном объеме. Это может быть осуществлено с помощью вычисления расстояния между объектами и камерой, и заменой реальных моделей на импостеры, когда расстояние достигает определенного порога. Эти вычисления могут быть применены в дальнейшем в технологии LOD. Импостеринг не подходит для игровых персонажей или сложных архитектурных элементов, т.к недостаток деталей может привести к ухудшению визуального опыта игрока.

1.2 Технология импостеринга часто применяется в совокупности с Level Of Detail: Уровень детализации (LOD). Это технология, используемая для уменьшения детализации объектов по мере их отдаления от виртуальной камеры в игровом мире. На определенном уровне детализации будут использоваться низкополигональные модели - модели, которые менее детализированы, чем их высокополигональные аналоги. Они также могут быть использованы отдельно от LOD.

Технология LOD позволяет повысить производительность приложения, поскольку требуется рендеринг меньшего числа геометрии сцены.

LOD СИСТЕМА КАРТИНКА

1.3. При оптимизации сцены может быть применена окклюзия: Occlusion culling - это технология, используемая для уменьшения количества объектов, которые рисуются на экране. Технология решает проблему лишних затрат на отрисовку объектов, которые не будут видны на финальном кадре. В Unity применяется два вида окклюзии:

1. Static Occlusion Culling (статическая окклюзия) - используется для оптимизации сцен, содержащих статические объекты. Это означает, что объекты на сцене, которые не двигаются или изменяются, могут быть помечены как статические, и такие объекты используются для рассчета того, какие части сцены могут быть скрыты от камеры и не будут отрисованы во время игры. Unity использует алгоритм BSP (Binary Space Partitioning) для вычисления статической окклюзии.
2. Dynamic Occlusion Culling (динамическая окклюзия) - используется для оптимизации сцен, содержащих динамические объекты. Объекты на сцене, которые могут двигаться или изменяться, будут использоваться для рассчета того, какие части сцены могут быть скрыты от камеры в определенный момент времени.

1.4. Использование GPU Instancing (Cоздание экземпляров объектов с помощью графического процессора) с помощью создания экземпляров объектов можно уменьшить количество вызовов отрисовки, за счет многократного использования одного и того же набора геометрии.

2. Сокращение объема файлов: сжатие файлов проекта (текстур, аудио- и видео-файлов) уменьшает время динамической подгрузки объектов и объем исполняемого файла и ресурсов игры.

3. Оптимизация физических компонентов: Физические взаимодействия (использование коллизий, компонента rigidbody, constraint и.т.д) требуют большого объема вычислений, поэтому сокращение количества объектов, участвующих в физической симуляции значительно влияет на производительность приложений.

4. Использование Sprite Packing - это процесс объединения нескольких спрайтов в один большой атлас спрайтов, с целью оптимизации загрузки ресурсов и производительности в игре. В Unity это возможно благодаря присутствию в среде инструмента для автоматической и ручной упаковки спрайтов. При сборке игры, движок автоматически объединяет все используемые в игре спрайты в один или более атласов спрайтов, уменьшая количество вызовов рендеринга и повышая производительность игры. Разработчик может создать собственный атлас спрайтов, размещая набор связанных спрайтов на одном изображении и разметив атлас с помощью инструментов Unity. Применение технологии упаковки спрайтов особенно полезно для сборок под мобильные устройства, где производительность крайне ограничена и требуется оптимизация ресурсов. Sprite Packing в Unity можно использовать двумя способами

КАРТИНКА SPRITE PACKER

3. Оптимизация программного кода:

Существует несколько методов оптимизации программного кода с учетом особенностей среды Unity:

3.1 Сокращение количества команд, вызываемых каждый кадр (содержащихся в методе Update()), в особенности сокращение количества циклов существенно повысит производительность приложения. Также, важно избегать вызовов метода GetComponent() для получения определенного компонента объектов внутри Update(). Вместо этого рекомендуется получить необходимые компоненты в результате одиночного события или в методе Start().

3.2 Использование Object pooling: Объединение объектов в пул - это техника, используемая для уменьшения объема памяти, используемой игрой. Вместо того чтобы создавать новые объекты, можно повторно использовать уже существующие. Это позволяет сократить объем используемой памяти и повысить производительность.

3.3 Использование Coroutine для функций задержки: В Unity. Функция WaitForSeconds() может быть использована для приостановки выполнения Сoroutine на определенное количество секунд. Это намного эффективнее, чем использование цикла внутри Update(), и не блокирует основной поток выполнения программы.

РАСФАСОВАТЬ:

(Картинка - параллакс)

Эффект параллакса - это визуальный эффект, используемый в 2D-видеоиграх, в которых декорации заднего плана представляются игроку объектами, имеющими меньшую скорость, по сравнению с декорациями переднего плана. Этот эффект используется для создания ощущения глубины в игровой среде, придает реалистичности игровому опыту пользователя. Эффект параллакса достигается за счет использования слоев изображений, которые перемещаются с разной скоростью относительно камеры и прорисовываются на разной глубине. Например, слой гор на заднем плане относительно камеры перемещается медленнее, чем слой деревьев на переднем плане.

(Скрин из движка со слоями)

Кроме того, эффект параллакса используется для создания ощущения движения при статичной сцене, поскольку объекты на заднем плане движутся с разной скоростью при движении камеры. Этот эффект может быть использован для создания ощущения динамичного движения, что делает игровую среду более живой.

Кривая интереса - это концепция, используемая в дизайне игр, которая объясняет, как интерес игрока к игровому процессу увеличивается и уменьшается со временем, а также диаграмма, отображающая интерес игрока. Эта концепция основана на том, что игроки часто становятся более увлеченными процессом по мере прохождения игры, но в определённый момент достигают точки, где их интерес начинает ослабевать. Чтобы удержать игроков в этот момент, разработчики игр должны создавать контент, который будет увлекательным и интересным на протяжении всей игры. Этого можно добиться, вводя новые механики, персонажей и элементы сюжета в соответствующие моменты игры, а также предоставляя награды и стимулы для поддержания интереса игроков. Кроме того, разработчики игр должны знать, сколько времени игроки проводят на каждом уровне или участке игры, и соответствующим образом регулировать сложность и содержание. Для этого в игру вводятся специальные метрики для отслеживания действий игрока в виртуальном мире. Понимая и управляя кривой интереса, разработчики игр могут гарантировать, что их игроки останутся вовлеченными и заинтересованными на протяжении всей игры.