

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КубГУ»)
Факультет компьютерных технологий и прикладной математики
Кафедра анализа данных и искусственного интеллекта

КУРСОВАЯ РАБОТА

РАЗРАБОТКА 3D МОДЕЛИ ИГРОВОГО ПЕРСОНАЖА В BLENDER

Работу выполнила _____ Э.Р. Гарифуллина

Направление подготовки 09.03.03 Прикладная информатика курс 3

Направленность (профиль) Прикладная информатика в экономике

Научный руководитель
канд. техн. наук, доц. _____ С.М. Силинская

Нормоконтролер
канд. физ.-мат. наук, доц. _____ Г.В. Калайдина
(подпись)

Краснодар
2024

РЕФЕРАТ

Курсовая работа 25 с., 23 рис., 18 источ.

**3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ, 3D-МОДЕЛЬ, ИГРОВОЕ ОКРУЖЕНИЕ, ДИЗАЙН,
BLENDER, ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**

Объектом исследования является процесс разработки 3D модели игрового персонажа.

Целью исследования является разработка 3D модели игрового персонажа в среде Blender с использованием современных методик моделирования и текстурирования.

В результате курсовой работы были приобретены практические навыки работы с программой, а также понимание принципов 3D моделирования. Итогом курсовой стало освоение основ трехмерного моделирования в среде Blender и разработка 3D-модели игрового персонажа.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Основы 3D моделирования.....	6
1.1 Роль Blender в игровой индустрии.....	6
1.2 Принципы 3D-моделирования в Blender.....	9
2 Технология низкополигонального моделирования игрового персонажа....	14
2.1 3D-моделирование.....	14
2.2 Текстурирование и материалы в Blender.....	17
2.3 Работа со светом и рендеринг.....	19
Заключение.....	23
Список использованных источников.....	24

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы индустрия видеоигр стремительно развивается, привлекая внимание миллионов людей по всему миру. Создание уникальных и запоминающихся игровых персонажей является одной из ключевых задач в процессе разработки игр, поскольку именно они формируют эмоциональную связь между игроком и игровым миром. В связи с этим, изучение технологий и инструментов для создания 3D моделей становится особенно актуальным. Одним из наиболее популярных программных решений для моделирования является Blender, обладающий широкими возможностями и доступный для использования как профессионалами, так и новичками.

Объектом исследования данной курсовой работы является процесс разработки 3D модели игрового персонажа. Предметом исследования выступают технологии и методы, используемые в Blender для создания высококачественных моделей, а также особенности их применения в контексте разработки игр.

Целью исследования является разработка 3D модели игрового персонажа в среде Blender с использованием современных методик моделирования и текстурирования. Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач: изучить основы работы с Blender, проанализировать существующие подходы к созданию игровых персонажей, разработать концепцию персонажа, создать его 3D модель, а также выполнить текстурирование и рендеринг.

Методы исследования включают теоретический анализ литературы по теме 3D моделирования, практическое освоение инструментов Blender, а также экспериментальную работу по созданию модели.

Практическая значимость работы заключается в том, что полученные результаты могут быть использованы как основа для дальнейших исследований в области 3D моделирования, а также послужат полезным

материалом для студентов и начинающих разработчиков игр, стремящихся освоить создание игровых персонажей в Blender.

1 Основы 3D моделирования

1.1 Роль Blender в игровой индустрии

Blender — это мощный инструмент для 3D-моделирования, который за последние годы завоевал популярность среди разработчиков игр, художников и аниматоров. Его открытость, доступность и широкий набор функций делают его идеальным выбором как для профессионалов, так и для любителей. В этой главе будет рассмотрена роль Blender в игровой индустрии, его преимущества и недостатки, а также влияние на процесс разработки игр.

Blender был создан в 1995 году как внутренний инструмент для студии NeoGeo [1]. В 2002 году он был выпущен как программное обеспечение с открытым исходным кодом, что позволило ему быстро развиваться благодаря сообществу пользователей. Самая первая официальная версия Blender была намного проще и имела меньшую функциональность чем сейчас (Рисунок 1.1). С тех пор Blender претерпел значительные изменения и улучшения, став одним из самых популярных инструментов для 3D-моделирования и анимации.

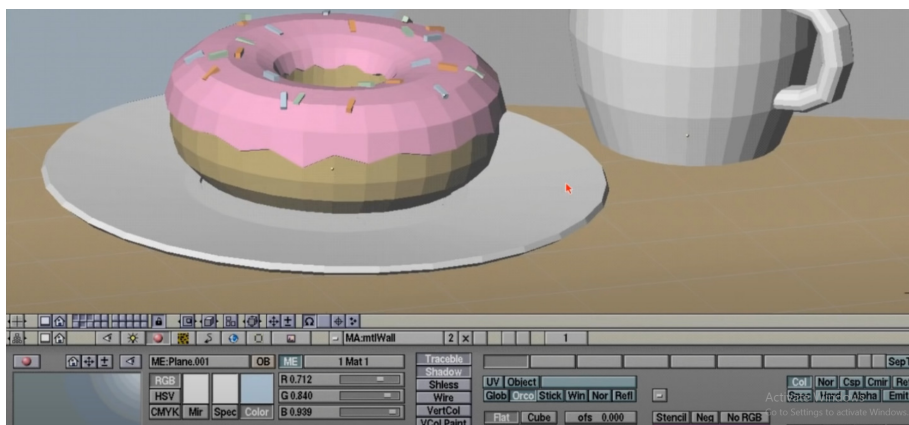


Рисунок 1.1 – Оригинальный интерфейс Blender [2]

С каждым новым релизом Blender добавляет новые функции, такие как улучшенные инструменты моделирования, текстурирования и анимации, а

также поддержку современных графических технологий, включая рендеринг в реальном времени. Эти улучшения сделали Blender привлекательным вариантом для разработчиков игр, стремящихся создать качественные 3D-объекты и анимации.

Одним из главных преимуществ Blender является его доступность. Будучи бесплатным программным обеспечением с открытым исходным кодом, он позволяет разработчикам экономить средства на лицензиях и сосредоточиться на творческом процессе. Это особенно важно для инди-разработчиков и небольших студий, которые часто работают с ограниченным бюджетом.

Blender также предлагает широкий набор инструментов для создания 3D-моделей, текстурирования и анимации. Интуитивно понятный интерфейс и обширная документация позволяют новичкам быстро освоить программу и начать создавать свои первые проекты. Кроме того, активное сообщество пользователей предоставляет множество обучающих материалов, что делает процесс обучения более доступным [3].

Еще одним важным аспектом является возможность интеграции Blender с другими инструментами разработки. Он поддерживает экспорт моделей в различные форматы файлов, которые можно использовать в игровых движках, таких как Unity и Unreal Engine. Это позволяет разработчикам легко переносить свои модели и анимации в игровые проекты.

Blender используется на различных этапах разработки игр, начиная от концептуального дизайна и заканчивая финальной анимацией. На этапе концептуального дизайна художники могут создавать эскизы персонажей и объектов, а затем переходить к 3D-моделированию. Используя инструменты скульптинга и моделирования в Blender, разработчики могут создавать детализированные модели, которые соответствуют их художественному видению. Например, этими инструментами можно построить модель персонажа из серии Покемон (Рисунок 1.2).



Рисунок 1.2 – Пример скульптинга Бульбазавра [4]

После создания моделей необходимо текстурирование. Blender предлагает мощные инструменты для создания и редактирования текстур, включая UV-развертку и поддержку процедурных текстур. Это позволяет разработчикам достигать высокого уровня детализации и реалистичности в своих проектах [5].

Анимация — еще одна ключевая область применения Blender в игровой индустрии. С помощью системы риггинга и анимации разработчики могут создавать сложные движения персонажей и объектов (Рисунок 1.3). Blender поддерживает как ручную анимацию, так и анимацию на основе захвата движения, что расширяет возможности для создания динамичных игровых сцен.

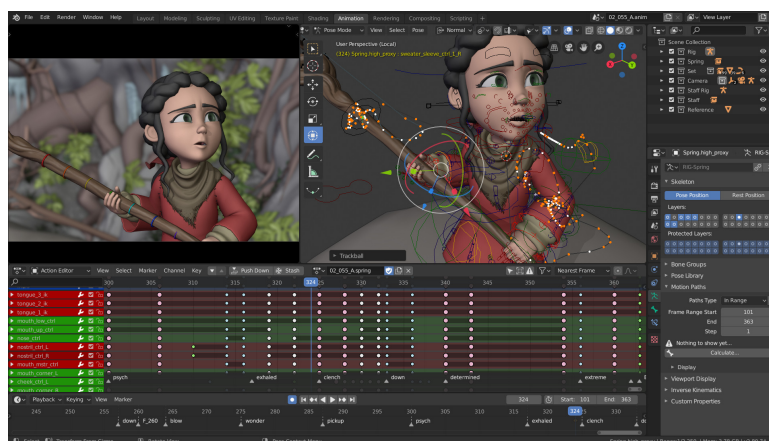


Рисунок 1.3 – Пример работы с анимациями в Blender [6]

Несмотря на множество преимуществ, Blender имеет свои ограничения. Одной из основных проблем является высокая конкуренция со стороны других программных решений, таких как Maya и 3ds Max, которые предлагают более продвинутые инструменты для профессиональных пользователей. Некоторые разработчики могут предпочесть эти программы из-за их более развитой функциональности или привычного интерфейса [7].

Кроме того, хотя Blender постоянно обновляется, некоторые пользователи могут сталкиваться с проблемами совместимости при экспорте моделей в игровые движки. Это может потребовать дополнительных усилий по настройке и оптимизации моделей перед их использованием в проекте.

1.2 Принципы 3D-моделирования в Blender

3D моделирование — это процесс создания трехмерных объектов с помощью специализированного программного обеспечения. В контексте разработки игр, 3D модели служат основой для визуального представления персонажей, окружения и объектов, с которыми игроки взаимодействуют. Blender, как мощный инструмент для 3D моделирования, предлагает множество функций и возможностей для реализации творческих идей разработчиков. В этой главе будут рассмотрены основные принципы 3D моделирования в Blender, включая методы создания моделей, текстурирования и анимации.

Существует несколько основных методов 3D моделирования, которые можно использовать в Blender:

- Полигональное моделирование: Это наиболее распространенный метод, при котором объекты создаются из полигонов — многоугольников, состоящих из вершин и рёбер. В Blender можно создавать модели с помощью различных инструментов, таких как Extrude (выдавливание), Scale (масштабирование) и Rotate (вращение). Полигональное моделирование позволяет создавать сложные формы и детали, что делает его идеальным для

разработки игровых персонажей. Пример использования этого метода будет подробно представлен во второй главе.

- Скульптинг: Этот метод позволяет работать с моделями так же, как если бы они лепились из глины. В Blender есть инструменты скульптинга, которые позволяют добавлять детали и изменять форму модели с помощью кистей. То есть, скульптинг дает возможность художнику сосредоточиться на форме и детализации, не беспокоясь о полигональной сетке.

- Моделирование на основе кривых: Этот метод используется для создания объектов с гладкими линиями и формами. Кривые могут быть преобразованы в полигоны, что позволяет создавать сложные формы с высокой степенью контроля над их геометрией. Для примера, этим методом проще создавать нестандартные объекты, такие как декорации, узорчатые предметы или драгоценные украшения как кольца или серьги (Рисунок 1.4).

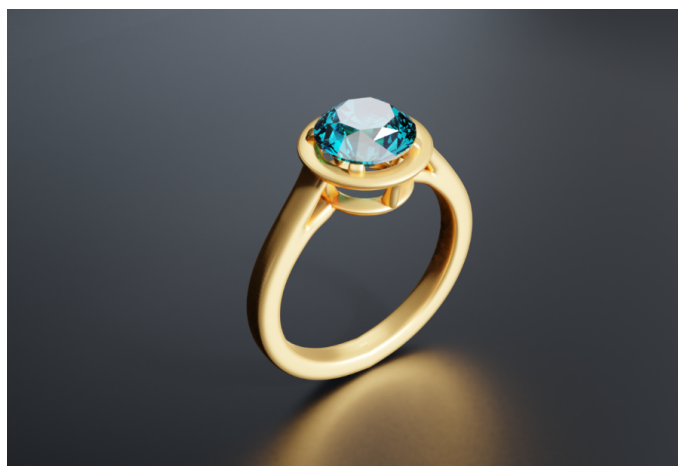


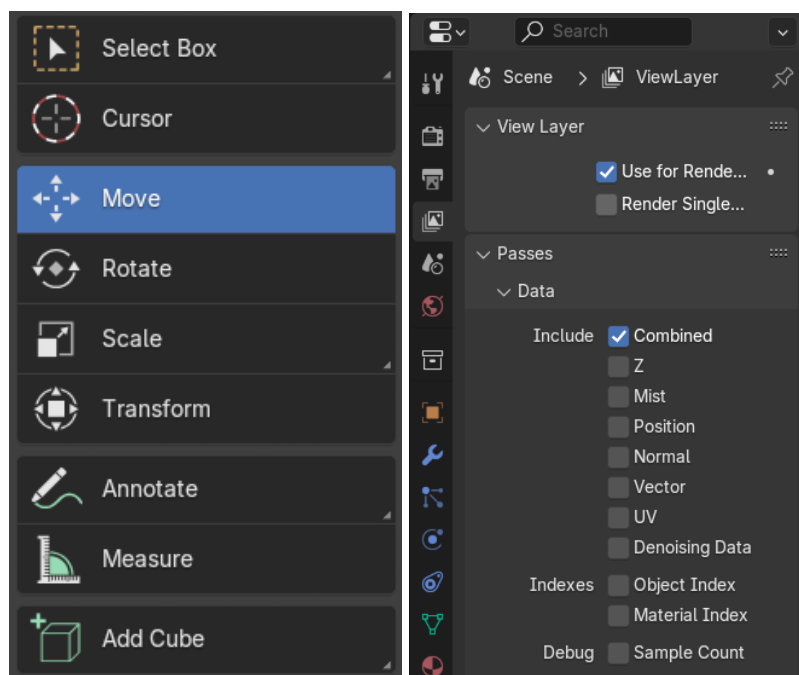
Рисунок 1.4 – Пример модели с использованием кривых в Blender [8]

Интерфейс Blender может показаться сложным для новичков, однако он предоставляет все необходимые инструменты для эффективного моделирования. Основные элементы интерфейса включают:

- 3D-вид: Основная область для работы с моделями, где можно перемещаться по сцене и редактировать объекты.

- Панель инструментов: Содержит инструменты для моделирования, текстурирования и анимации (Рисунок 1.5a).

- Панель свойств: Позволяет настраивать параметры объектов, такие как материал, текстура и освещение (Рисунок 1.5б).
- Таймлайн: Используется для анимации объектов и управления временными ключами.



а)

б)

Рисунок 1.5 – Панель инструментов (а), панель свойств (б)

Для успешного моделирования важно освоить горячие клавиши и команды, чтобы ускорить рабочий процесс. Например, сочетание клавиш G (перемещение), S (масштабирование) и R (вращение) являются основными командами для редактирования объектов в 3D-пространстве [9].

Создание 3D модели игрового персонажа в Blender представляет собой многослойный процесс, начинающийся с концептуального дизайна. Прежде чем перейти к моделированию, важно иметь ясное представление о внешнем виде персонажа, что может быть достигнуто через эскизы или референсные изображения, которые помогут определить его пропорции и детали.

Затем следует этап формирования базовой формы, где используются примитивы, такие как кубы и сферы, а также модификаторы для создания общей структуры тела. После этого начинается процесс детализации: с

помощью инструментов скульптинга или полигонального моделирования можно добавлять такие важные элементы, как мышцы, одежда и аксессуары.

Следующим шагом является UV-развертка, которая заключается в проецировании 3D-модели на 2D-плоскость для правильного наложения текстур. Без правильной UV-развертки просто не получится работать с текстурами кроме наложения базового цвета. После этого можно приступить к текстурированию, используя различные методы, такие как изображение и процедурные текстуры.

После завершения этапов моделирования и текстурирования необходимо создать риг для персонажа, который позволит анимировать его движения. Этот этап включает создание скелета из костей и их связывание с моделью. Анимацию можно реализовать при помощи ключевых кадров или захвата движения.

Оптимизация моделей является очень важным аспектом разработки игр, потому что она влияет на производительность игры [10]. Есть несколько способов повышения оптимизации:

Во-первых, следует снизить количество полигонов, чтобы модель соответствовала требованиям игры; для игровых персонажей часто используют технику нормалей, которая создает иллюзию детализации без увеличения числа полигонов.

Во-вторых, можно применить LOD (Level of Detail), создавая несколько версий модели с разным уровнем детализации, что позволяет улучшить производительность при отображении объектов на различных расстояниях от камеры.

Наконец, нужно эффективно использовать текстуры: вместо большого количества отдельных текстур рекомендуется объединять их в атлас (Рисунок 1.6), что позволяет снизить количество вызовов к графическому процессору [11].



Рисунок 1.6 – Пример атласа для хранения текстур [12]

Принципы 3D моделирования в Blender охватывают широкий спектр техник и методов, которые позволяют создавать качественных игровых персонажей и объектов. Освоение этих принципов требует времени и практики, но с помощью доступных ресурсов и активного сообщества пользователей каждый разработчик может научиться созданию 3D моделей.

2 Технология низкополигонального моделирования игрового персонажа

2.1 3D-моделирование

Перед тем как начать моделирование персонажа стоит определиться с его стилем. Низкополигональные модели часто используются в играх с яркой, мультяшной эстетикой, где форма и цвет имеют приоритетное значение над детализацией. Для данной работы был выбран концепт маленькой ведьмы.

На этапе моделирования, концепт превращаются в трехмерную модель, которая будет использоваться в игре. Этот процесс требует не только технических навыков, но и творческого подхода, чтобы создать персонажа, который будет не только функциональным, но и визуально привлекательным.

Первым шагом в моделировании является создание базовой формы персонажа. В Blender это можно сделать с помощью различных примитивов, таких как кубы, сферы и цилиндры. На рисунке 2.1 видно что на этом этапе важно сосредоточиться на общей пропорции и форме, а не на деталях.

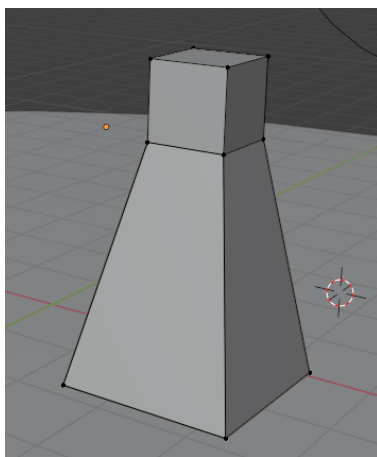


Рисунок 2.1 – Простейшая модель тела персонажа

После создания базовой формы следует этап редактирования. Как упоминалось ранее, в Blender это можно сделать с помощью инструментов редактирования, таких как Extrude, Scale и Rotate. Эти инструменты к

дополнению добавления количества полигонов позволяют прибавить детали и изменять форму модели (Рисунок 2.2).

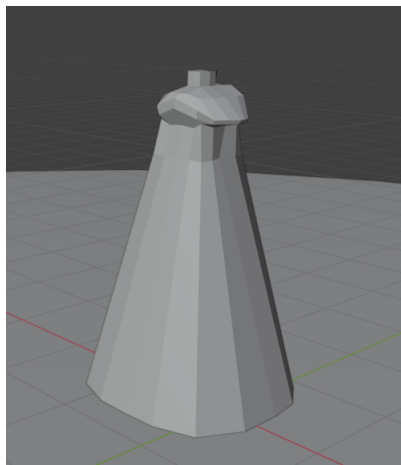


Рисунок 2.2 – Результат добавления полигонов и использование результатов редактирования

Выбор объектов — это один из самых основных процессов в Blender. Используя следующие клавиши, вы можете легко управлять выбором:

- Right Click / Left Click – выбор объекта.
- A – выделить все объекты или снять выделение (Рисунок 2.3).
- B – прямоугольный выбор (Box Select).
- C – круговой выбор (Circle Select).
- Shift + Right Click / Shift + Left Click – добавление к выбору.

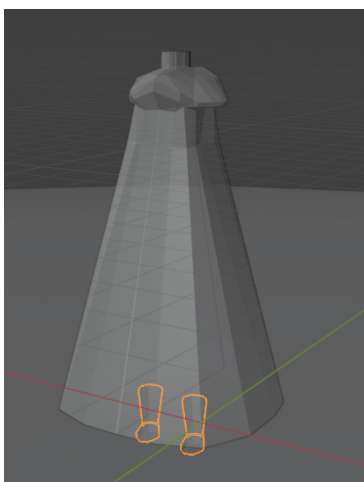
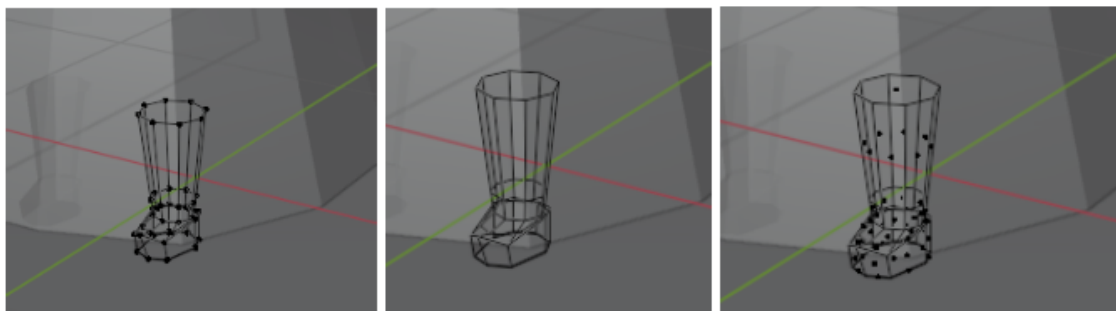


Рисунок 2.3 – Селекция определенного объекта

В режиме редактирования доступны различные инструменты такие как выбор вершин, рёбер и граней:

- 1 – выбор вершин (Vertex Select).
- 2 – выбор рёбер (Edge Select).
- 3 – выбор граней (Face Select) (Рисунок 2.4).



а) б) с)
Рисунок 2.4 – Выбор вершин (а), рёбер (б) или граней (с)

Blender предлагает множество инструментов для моделирования, которые можно активировать с помощью горячих клавиш:

Модификаторы:

- Shift + A – добавление нового объекта (Mesh, Curve и т.д.).
- Ctrl + M – зеркалирование (Mirror) (Рисунок 2.5).
- Ctrl + B – сглаживание углов (Bevel).

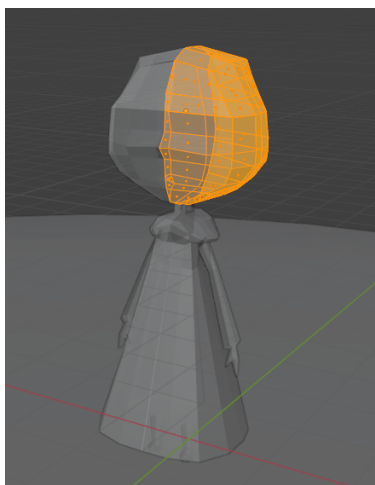


Рисунок 2.5 – Использование Mirror для параллельного моделирования половины лица

Модификатор Mirror очень удобно использовать чтобы сохранить правильные пропорции с обеих сторон модели. Также модификатор дубликации помогает воспользоваться уже построенным объектом для создание нового объекта для ускорения процесса моделирования. Например, можно взять уже построенный объект ноги, повернуть его и сделать из него руку. Есть еще модификатор Solidify, который позволяет добавить плотность такому объекту как волосы чтобы придать им объем. После детального моделирования получится завершенная 3D-модель (Рисунок 2.6)

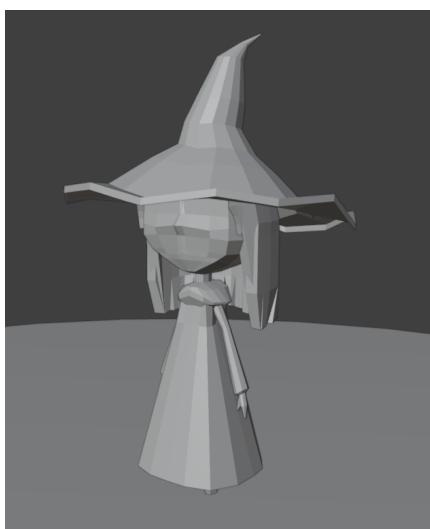


Рисунок 2.6 – Готовая модель игрового персонажа

2.2 Текстурирование и материалы в Blender

Текстурирование — это процесс наложения изображений (текстур) на 3D-объекты для создания более детализированного и реалистичного внешнего вида. В контексте низкополигонального моделирования текстуры очень важны, так как количество полигонов ограничено, и текстуры обеспечивают дополнительные детали и глубину визуализации.

Основными типами текстур являются:

- Диффузные текстуры — определяют основной цвет поверхности объекта.

– Нормальные текстуры — добавляют мелкие детали, такие как шероховатости и углубления, создавая эффект 3D.

– Спекулярные текстуры — управляют отражением света на поверхности, влияя на блеск материала.

– Альфа-текстуры — используются для определения прозрачности объектов, что позволяет создавать такие элементы, как волосы или листья [13].

Перед наложением текстур на модель необходимо создать UV-развертку. UV-развертка — это процесс, при котором 3D-объект «разворачивается» с трехмерного пространства в двумерное для удобного наложения текстур.

Для создания UV-развертки в Blender следует выполнить несколько шагов: сначала надо в режим редактирования, выбрав модель персонажа и нажав Tab; затем надо все полигоны, нажав A. Далее, надо создать UV-развертку, нажав U и выбрав подходящий метод, например, Smart UV Project или Unwrap, где второй вариант рекомендуется для низкополигональных моделей из-за более аккуратной развертки. В редакторе UV (UV Editor) можно уже перемещать, масштабировать и корректировать UV-островки, чтобы максимально эффективно использовать пространство текстуры. Для лица персонажа получится вот такая развертка (Рисунок 2.7)

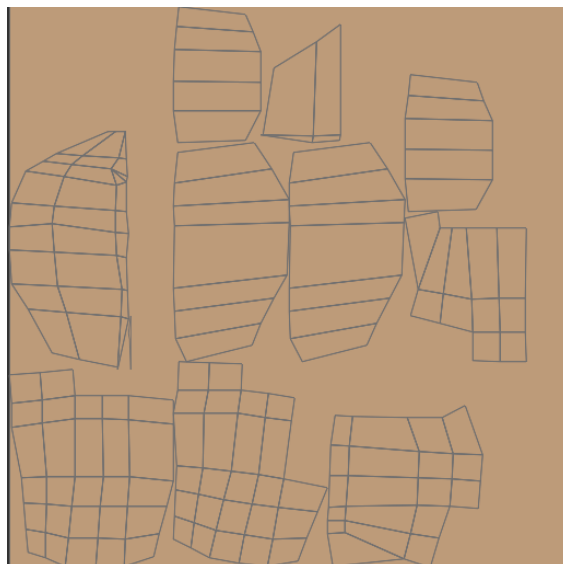


Рисунок 2.7 – Полученная текстура лица

Теперь, когда текстуры готовы, необходимо применить их к модели персонажа, следуя нескольким шагам: сначала надо добавить материал к объекту, выбрав вкладку «Материалы» в панели свойств (Properties Panel) и нажав кнопку «+» для создания нового материала или использовать уже ранее созданный материал. Затем идет настройка шейдера, активировав узлы, нажав кнопку «Use Nodes». Далее подключаем текстуры, добавив узел Image Texture в редакторе узлов (Shader Editor), надо выбрать файл текстуры и присоединить узел Image Texture к входу материала Base Color шейдера Principled BSDF. После этого можно настраивать параметры материала, такие как Roughness и Specular, в зависимости от задумки дизайна персонажа, чтобы добиться нужного эффекта [14].

Дополнительно, на этом этапе можно начинать «рисовать» на модели с помощью инструмента Brush (кисточка) и новые образы уже появятся на самой модели (Рисунок 2.8).

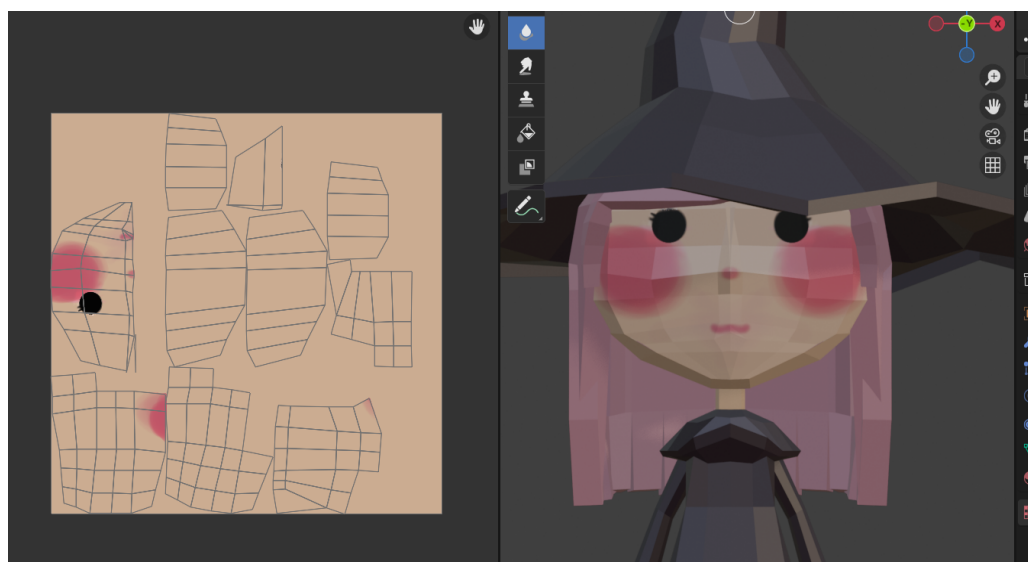


Рисунок 2.8 – Готовое лицо персонажа

2.3 Работа со светом и рендеринг

Работа со светом и рендеринг являются довольно важными этапами в процессе создания 3D-моделей игровых персонажей, особенно в контексте низкополигонального моделирования. Современные игры требуют от разработчиков не только качественной модели, но и эффектного освещения, которое добавляет глубину и атмосферу в игровую среду.

Свет влияет на визуальное восприятие 3D-объектов. В Blender присутствуют различные типы источников света, каждый из которых служит своей цели:

- Point Light – точечный источник света, излучающий свет во всех направлениях. Идеален для создания эффекта лампы.
- Sun Light – симулирует солнечный свет и часто используется для освещения внешних сцен, создавая жесткие тени.
- Spot Light – направленный источник света с возможностью настройки угла и дальности. Хорошо подходит для акцентов на определенных объектах.
- Area Light – создает мягкое рассеянное освещение и лучше всего подходит для создания окружения, добавляя реализм [15].

Правильная настройка источников света имеет огромное значение для создания атмосферы. Основное освещение как Sun Light, обеспечивает общее освещение сцены, а добавление дополнительных источников как Point Light или Area Light, создает более мягкие тени [16]. Регулирование яркости и цвет источников света, может помочь выделить персонажа на фоне, используя контрастные цвета освещения для добавления драматичности. На этом моменте можно свободно настраивать параметры теней источников света, выбирая между мягкими и жесткими тенями в Blender. Например, теплые цвета создают уютную атмосферу, а холодные создают более пугающую или загадочную сцену (Рисунок 2.9).

Камера в Blender тоже влияет на визуализацию модели, и правильный выбор угла обзора и расстояния до объекта может значительно изменить конечный результат. Использование эффекта глубины резкости может добавить выразительности, что в Blender можно сделать с помощью

настройки параметров камеры и установки фокуса на объекте. Корректная настройка перспективных параметров камеры позволяет избежать искажений, особенно в сценах с низкополигональными персонажами, что делает их визуально привлекательнее [17].

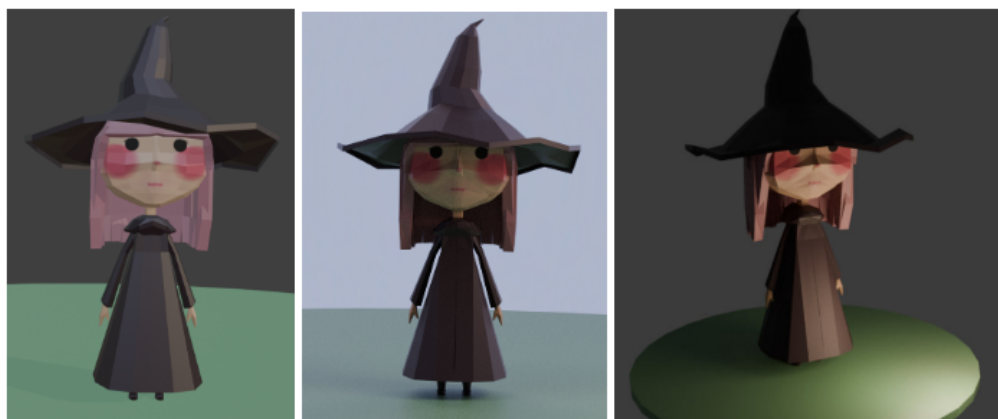


Рисунок 2.9 – Влияние света и камеры на атмосферу вокруг персонажа

После настройки освещения и камеры следующим шагом является рендеринг сцены. В Blender доступны различные движки рендеринга, но наиболее часто используется Cycles и Eevee. Cycles обеспечивает фотореалистичное освещение, в то время как Eevee быстрее и подходит для игровых концепций [18].

При выборе между Cycles и Eevee следует учитывать конечную цель рендеринга. Для получения высококачественного изображения лучше использовать Cycles, тогда как для предварительного просмотра и реального времени подойдет Eevee.

В зависимости от выбранного движка будут разные параметры рендеринга. Для наилучших результатов можно поэкспериментировать с разрешением, качеством теней и сглаживанием (Рисунок 2.10).

Post-processing — это этап обработки изображения, который предоставляет дополнительные настройки, такие как коррекция цвета, размытие и эффекты свечения. В Blender это можно сделать через вкладку “Compositing”.

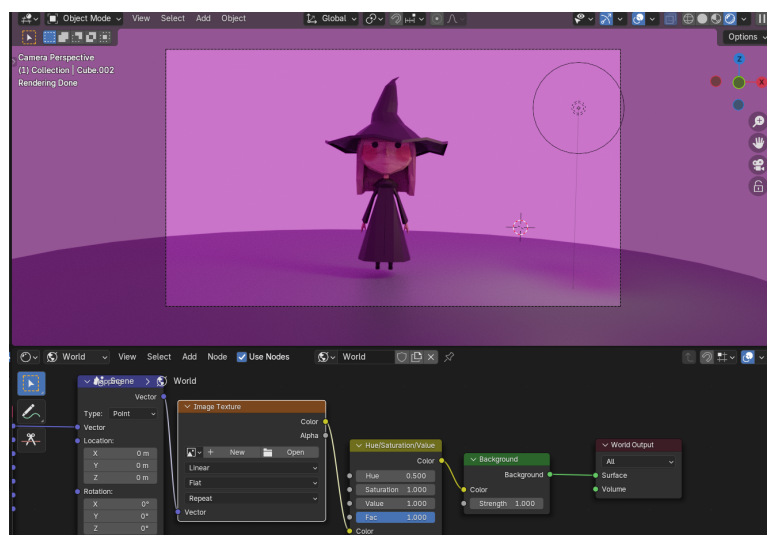


Рисунок 2.10 – Рендеринг сцены персонажа

После окончания всех этапов моделирования, текстурирования, освещения и рендеринга получается завершенная модель персонажа (Рисунок 2.11)



Рисунок 2.11 – Итоговый рендер игрового персонажа

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Заключение данной курсовой работы подводит итоги исследования процесса разработки 3D модели игрового персонажа в среде Blender. В ходе работы были изучены ключевые технологии и методы, используемые для создания высококачественных моделей, а также проанализированы существующие подходы к разработке игровых персонажей. Цель работы, что заключалась в разработке 3D модели игрового персонажа в среде Blender с использованием современных методик моделирования и текстурирования была благополучно достигнута. Также, задачи изучения основ работы с Blender, анализ существующих подходов к созданию игровых персонажей и разработка 3D модели персонажа, текстурирование и рендеринг были успешно выполнены для достижения этой цели. Реализация поставленных задач позволила не только освоить основы работы с Blender, но и разработать концепцию персонажа, создать его 3D модель, а также выполнить текстурирование и рендеринг.

В процессе работы над моделью персонажа были приобретены практические навыки работы с программой, а также понимание принципов 3D моделирования. Это знание будет полезно не только в рамках данной курсовой работы, но и в будущих проектах в сфере игровой разработки. В заключение, можно сказать, что разработка 3D модели игрового персонажа в Blender представляет собой увлекательный и многогранный процесс, который требует как технических навыков, так и творческого подхода.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. blenderartists // NeoGeo - Where Did It Go? : сайт – URL: <https://blenderartists.org/t/neogeo-where-did-it-go/1278353> (дата обращения: 5.12.2024)
2. blendernation //blender-1-0-rises-again – URL: <https://www.blendernation.com/2020/08/21/blender-1-0-rises-again/> (дата обращения: 8.12.2024)
3. Media contented // Blender 3D : сайт – URL: <https://media.contented.ru/glossary/blender-3d/> (дата обращения: 5.12.2024)
4. Artstation //sculpting a pokemon: сайт – URL: <https://www.artstation.com/artwork/1V2nZ> (дата обращения: 5.12.2024)
5. adobe // What is UV Mapping?: сайт. – URL:https://www.adobe.com/ph_en/products/substance3d/discover/uv-mapping.html (дата обращения: 5.12.2024)
6. Blender // animation : сайт. – URL:<https://www.blender.org/features/animation/> (дата обращения: 5.12.2024)
7. Gamedev // Blender vs Maya. Какая разница?: сайт – URL: <https://dtf.ru/gamedev/196843-blender-vs-maya-kakaya-raznica> (дата обращения: 8.12.2024)
8. Skillshare // blender: in depth jewelry design foundations in 3d : сайт – URL:<https://www.skillshare.com/en/classes/blender-in-depth-jewelry-design-foundations-in-3d/1069512135> (дата обращения: 8.12.2024)
9. Studentcabletelevision // Beginner's Guide to Blender: сайт – URL:<https://studentcabletelevision.com/wp-content/uploads/2020/07/Beginners-Guide-to-Blender.pdf> (дата обращения: 14.12.2024)
10. sky.pro // Оптимизация работы в Blender: сайт – URL: <https://sky.pro/wiki/digital-art/optimizaciya-raboty-v-blender/> (дата обращения: 14.12.2024)

11. Блог xyz school // Оптимизация: почему время важнее полигонов : сайт – URL: <https://www.school-xyz.com/blog/optimizaciya-pochemu-vremya-vazhnee-poligonov> (дата обращения: 14.12.2024)
12. Blenderartists // texture atlas compression : сайт – URL: <https://blenderartists.org/t/texture-atlas-compression/617465> (дата обращения: 14.12.2024)
13. astropad // How to add texture to a 3D model using Blender, an iPad, and UV Mapping : сайт – URL: <https://astropad.com/blog/how-to-add-texture-to-a-3d-model-using-blender-an-ipad-and-uv-mapping/?srsltid=AfmBOoqiIBsLLi-xNPd4OHmNM2SEgjPcz7gmhHiOZYsJYZNFuaKT4Xcy> (дата обращения: 14.12.2024)
14. SEDDI Optical and Mechanical Science Teams // 3D Texture Maps Explained: сайт – URL: <https://textura.ai/texture-maps-3d-models/> (дата обращения: 14.12.2024)
15. avatav // Let's make a character with Blender :сайт – URL:https://avatavi.com/PDF/HowtoCreateAvatar_inBlender_EN.pdf (дата обращения: 14.12.2024)
16. Programishka // Свет. Основы настройки ламп в Blender :сайт – URL: https://programishka.ru/catalog/show_catalog/47/ (дата обращения: 14.12.2024)
17. Hollyland // How to Add One or Multiple Cameras in Blender: Master the Art of Cinematic Storytelling! :сайт – URL:<https://www.hollyland.com/blog/tips/add-one-or-multiple-cameras-in-blender> (дата обращения: 14.12.2024)
18. Artisticrender // How to render in Blender :сайт – URL: <https://artisticrender.com/how-to-render-in-blender/> (дата обращения: 14.12.2024)