

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ



МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

*Факультет Информационных технологий
Кафедра Информатики и информационных технологий*

направление подготовки

09.03.02 «Информационные системы и технологии»

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Дисциплина: Моделирование в игровой компьютерной индустрии

Тема: Разработка компьютерной трёхмерной модели

Выполнил(а): студент(ка) группы **201-726**

Курносова Арсения Валерьевна

(Фамилия И.О.)

Дата, подпись 4.12.2023

(Дата)

(Подпись)

Проверил: _____

(Фамилия И.О., степень, звание)

Дата, подпись _____

(Дата)

(Подпись)

Замечания: _____

Москва

2022

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ



МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

*Факультет Информационных технологий
Кафедра Информатики и информационных технологий*

направление подготовки 09.03.02 «Информационные системы и технологии»,
профиль «Программное обеспечение игровой компьютерной индустрии»

УТВЕРЖДАЮ

Зав. каф., к.т.н. Е.В. Булатников

«__» _____ 2023 г. _____
(Подпись)

ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Студент Курносова Арсения Валерьевна группа **201-726**

(Фамилия, Имя, Отчество)

Тема Разработка компьютерной трёхмерной модели

1. Срок представления работы к защите «__» июня 2023 г.

2. Исходные данные для выполнения работы:

исходные материалы

3. Содержание курсового проекта: введение, аналитическая часть, практическая часть, заключение, библиографический список

4. Перечень графического материала рисунки

5. Литература и прочие материалы, рекомендуемые студенту для изучения:
указаны в библиографическом списке


6. Дата выдачи задания: «30» сентября 2023 г.

7. Руководитель:

_____ / Булатников Е. В. /

(Подпись)

8. Задание к исполнению принял:

Курносова А.В. / ФИО / 

Оглавление

Введение	4
ГЛАВА 1. Проектирование	4
Цель.....	4
Техническое задание	4
Описание предметной области.....	4
Выбор инструментов.....	5
ГЛАВА 2. Разработка компьютерной трёхмерной модели	6
Разработка дизайна модели	6
Разработка основного вида будущей модели	6
Выбор цветовой палитры.....	6
Разработка основы модели	7
Разработка высокополигональной модели.....	7
Сборка модели из примитивов	7
Скульптинг	8
Разработка низкополигональной модели	10
Самостоятельная ретопологии	11
Автоматическая ретопология	11
Ретопология высокополигональной модели	12
Создание текстур модели.....	13
Создание цветовой развёртки модели	13
Текстурирование модели	18
Запекание текстур.....	20
Создание анимации	22
Добавление скелета и расстановка костей	22
Запись анимации.....	24
Экспорт модели в среду разработки игровых приложений	25
Заключение.....	26
Список литературы.....	27

Введение

Цель проекта – разработка компьютерной трёхмерной модели. В ходе работы над проектом, должны быть пройдены все этапы разработки 3D-модели: от начальной идеи и создания высокополигональной модели, до внедрения модели в игровое пространство и оценки полученных результатов.

Разрабатываемая игровая модель – дракон. Дракон выполнен в стиле китайских драконов, с добавлением некоторых стилистических изменений.

ГЛАВА 1. Проектирование

Цель

Разработка 3D-модели дракона.

Техническое задание

Разработать модель дракона. При разработке, модель должна пройти следующие этапы:

- Разработка начальной идеи модели – эскизы, референсы;
- Разработка высокополигональной модели;
- Добавление текстур на высокополигональную модель;
- Создание низкополигональной модели;
- Осуществление «запекания» текстур с высокополигональной модели на низкополигональную;
- Добавление анатомичного «скелета» на низкополигональную модель;
- Создание анимации для модели и её сохранение;
- Добавление модели с анимацией в среду разработки игрового движка и оценка полученного результата.

Описание предметной области

Трёхмерные модели могут быть использованы в различных областях: для создания анимаций (с использованием 3D-технологий), создания статичных изображений, разработки игровых приложений и т.д.

В игровых проектах, созданных с использованием 3D-технологий, модели используются для создания игрового персонажа, его окружения, неигровых персонажей и т.д.

В данном проекте, разработка модели осуществляется для дальнейшего использования при создании игрового приложения. Оценка качества полученного, в ходе проделанных работ, результата, будет проводиться путём внедрения модели в среду разработки игрового движка и оценки полученного значения кадров в секунду. Это позволит оценить пригодность модели для использования в игровом проекте.

Выбор инструментов

Для разработки была выбрана программа Blender, предназначенная для создания трёхмерной компьютерной графики. Программа включает в себя такие возможности, как:

- Моделирование;
- Скульптинг;
- Анимация;
- Симуляция рендеринга;
- Постобработка;
- Монтаж видео со звуком;
- Компоновка с помощью «узлов»;
- Создание 2D-анимации.

Эта программа позволяет выполнить все необходимые этапы разработки модели – от добавление в среду разработки 2D-референсов для модели, до создания модели с анимацией для дальнейшего добавления в игровую среду.

ГЛАВА 2. Разработка компьютерной трёхмерной модели

Разработка дизайна модели

Разработка основного вида будущей модели

При разработке дизайна модели могут быть использованы как графические изображения модели, которая должна быть получена по итогу работ, так и референсы – графические изображения, из которых для модели используются только выделенные элементы. Например, из референса может быть использовано только изображение головы дракона, но не его тело.

При выполнении работы были использованы референсы. В качестве референсов были выбраны изображения китайского дракона.



Рис. 1 Спрайты игры

Выбор цветовой палитры

Для разработки модели необходима цветовая палитра, в которой, в дальнейшем будет выполнена текстура модели.

Цветовая палитра была подобрана для основных элементов будущей модели, таких как: тело, крылья, гребень, рога.

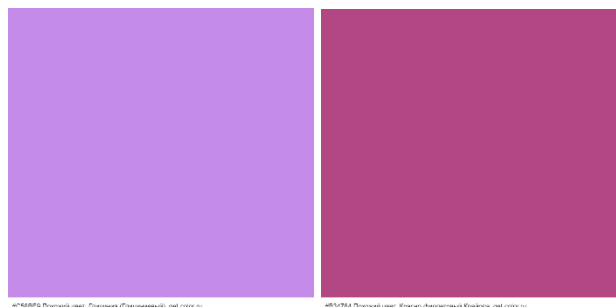


Рис. 2 Цветовая палитра для модели

Разработка основы модели

Первым этапом разработки трёхмерной модели является создание основы модели – расстановка всех точек полигонов, формирующих модель. Сначала происходит формирование высокополигональной модели – модели, содержащей большое количество полигонов. Как правило, большое количество полигонов является не оптимальным для дальнейшей эксплуатации модели. В следствие этого используются методы «оптимизации» числа полигонов – ретопология высокополигональной модели.

Разработка высокополигональной модели

Разработка высокополигональной модели может быть разделена на два основных этапа:

- Сборка модели из примитивов;
- Скульптинг.

Сборка модели из примитивов представляет собой создание примерных очертаний модели из простых фигур, в основном, кубов и шаров. Простые фигуры, по умолчанию, имеют небольшое количество полигонов.

Скульптинг – этап, на котором из модели, собранной из примитивов, создаётся детализированная высокополигональная модель.

Сборка модели из примитивов

При сборке модели из примитивов, стоит учитывать небольшое количество полигонов простых геометрических фигур. Для того, чтобы на дальнейшем этапе разработки было возможно применение инструментов скульптинга на модели, необходимо увеличение количества полигонов простых фигур.

Для сборки модели из примитивов были использованы кубы. Для изменения начальных размеров куба, необходим переход в режим Edit Mode. В данном

режиме возможно изменение размеров и простое изменение форм фигуры – изменение соотношения сторон, редактирование граней, рёбер и точек и т.д.

Поскольку модель симметричная, относительно оси X, был использован модификатор зеркала с включением отражения по оси X.



Рис. 3 Модификатор отражения по оси X

Для увеличения количества полигонов и перехода к скульптингу, был использован модификатор увеличения числа полигонов.

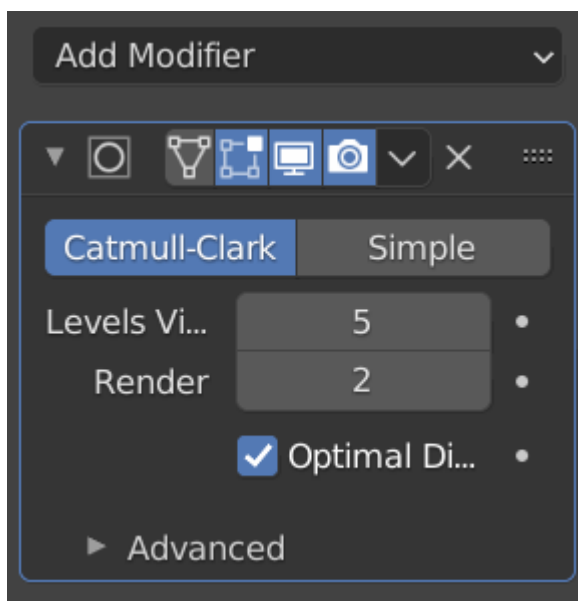


Рис. 4 Модификатор увеличения числа полигонов

При увеличении количества полигонов, начальная форма, как следствие, размер примитивной фигуры могут быть изменены. Это стоит учитывать при начальном моделировании из примитивов.

Скульптинг

При работе с инструментами скульптинга, необходимо перейти в режим скульптинга – Sculpt Mode. В этом режиме доступны все инструменты для более детального моделирования.



Рис. 5 Инструменты для скульптинга и Sculpt Mode

При скульптинге деформация модели происходит по полигонам, в зависимости от выбранного инструмента, установленного размера «пера» и параметра «силы» воздействия.

При скульптинге так же используется модификатор зеркала по оси X, для симметричного изменения формы фигуры.

Некоторые элементы, такие как лапы, не требуют отзеркаливания относительно собственной оси X, но при этом требуют симметричности относительно оси X тела дракона. Для таких элементов, скульптурирование производится без модификатора зеркала, после чего элементы отражаются при помощи другого модификатора зеркала (через панель модификаторов), с установкой параметра отражения относительно другого объекта – тела дракона.

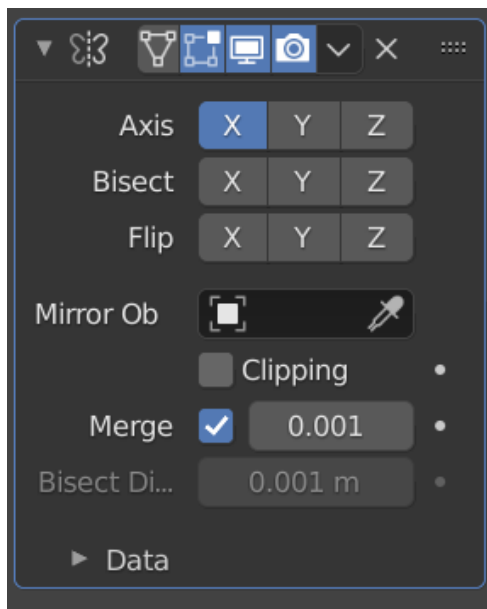


Рис. 6 Модификатор зеркала с установкой отражения относительно другого объекта

После скульптурирования, модель приобрела необходимый вид, относительно требуемых параметров форм модели.



Рис. 7 Модель после скульптинга

Далее, количество полигонов высокополигональной модели изменяться не будет. Количество полигонов высокополигональной модели составляет 10.620. По статистике сцены – 339.968 треугольников.

Vertices	169,998 / 169,998
Edges	339,968 / 339,968
Faces	169,984 / 169,984
Triangles	339,968

10.62 K

Рис. 8 Статистика сцены и число полигонов

Данное количество полигонов слишком высокое для использования модели в игровом проекте. Для снижения количество полигонов необходимо создание низкополигональной модели на основе высокополигональной.

Разработка низкополигональной модели

Разработка низкополигональной модели осуществляется путём ретопологии – создания аналогичной модели, но с меньшим количеством полигонов. Количество полигонов уменьшается за счёт «объединения» полигонов, не создающих ключевых линий модели. Ретопология может быть осуществлена двумя способами:

- Создание ретопологии путём добавления полигонов вручную;
- Создание ретопологии автоматически (при помощи аддона).

Самостоятельная ретопологии

Ретопология, осуществляемая вручную, может быть разделена на несколько этапов:

- Создание полигона, для дальнейшего «дублирования» и добавления связанных с ним полигонов, объединяющихся в неразрывные цепочки;
- Нахождение и создание ключевых линий модели – линий, которые выполняют основополагающие функции в формировании модели;
- Объединение ключевых линий модели полигонами.

Целью выполнения ретопологии вручную является снижение количества полигонов с сохранением основных черт начальной модели.

Так, на примере модели дракона, ключевые полигоны, формирующие модель – полигоны, формирующие голову дракона, лапы, крылья, основные полигоны спины и шипов. Без этих деталей, низкополигональная модель дракона значительно утратит качество.

Недостатком осуществления ретопологии вручную является значительная продолжительность процесса. Такая технология выполнения ретопологии позволяет повысить качество конечного продукта, но значительно увеличивает время создания модели.

Автоматическая ретопология

Для создания ретопологии модели существуют аддоны – программы, отдельные или присоединяемые к программе Blender, позволяющие произвести ретопологию автоматически.

Автоматическая ретопология может быть основана на двух показателях – показатель угла, при котором полигоны, имеющие общую грань, могут быть объединены, и показатель итогового количества полигонов, когда объединение полигонов происходит наиболее близко к начальной модели, в пределах возможности нового количества полигонов.

Машинные методы ретопологии не определяют ключевых элементов построения модели, что делает результат их работы значительно хуже. Но при

этом они позволяют быстро уменьшить количество полигонов в простых местах, там, где затраты времени на ручную ретопологию не будут оправданы.

Ретопология высокополигональной модели

Ретопология модели дракона осуществлялась при помощи совмещения двух методов ретопологии. Модель имеет большую площадь с простой ретопологией – тело дракона. Тело представляется длинным изогнутым конусом с простыми изгибами. Этот участок модели может быть обработан при помощи машинной ретопологии без утраты качества.

При этом, модель имеет множество важных для формирования самой модели мелких элементов, таких как: пальцы на лапах, гребень на спине дракона, элементы чешуи, рога, шипы на крыльях. Все эти элементы формируют структуру модели, но могут быть утрачены при машинной ретопологии из-за сложности построения и скульптинга. Ретопология этих элементов производится вручную.

Таким образом, была осуществлена ретопология модели при помощи аддона Instant Meshes, который позволяет произвести ретопологию модели по указанному количеству полигонов у выходной модели.

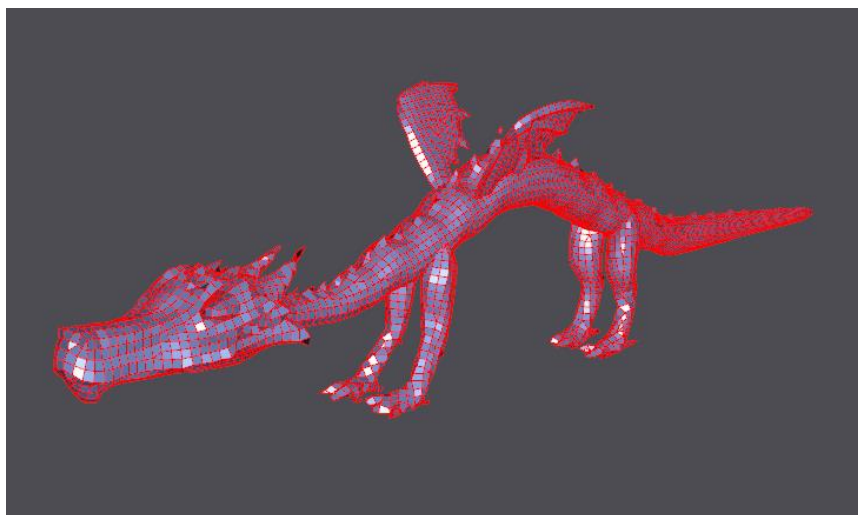


Рис. 9 Ретопология модели при помощи аддона

После выполнения машинной ретопологии, модель была импортирована в Blender, где при помощи ручной ретопологии были восстановлены утраченные после машинной ретопологии элементы – рога, пальцы на лапах, элементы чешуи, гребень на спине и шипы на крыльях.

После ретопологии на модель был применён модификатор сглаживания. Этот модификатор нужен для того, чтобы модель после ретопологии была более гладкой, без резких изломов, которые могут образоваться при уменьшении числа полигонов в местах сочленения полигонов под большим углом.



Рис. 10 Результат ретопологии модели

В результате ретопологии была получена модель, состоящая из 4.620 полигонов, что удовлетворяет требованию к большинству моделей, используемых для разработки игровых приложений.

Создание текстур модели

Следующим этапом разработки модели является создание текстур. Текстуры для модели создаются на высокополигональной модели, после чего производится «запекание» текстур на низкополигональную модель.

Создание текстур модели можно разделить на два основных этапа:

- Создание цветовой развёртки модели – покраска модели;
- Текстурирование поверхности модели – создание на основе модели неровностей, формирующих необходимый узор;

Создание цветовой развёртки модели

Для покраски модели необходимо перейти в соответствующий режим редактирования модели – Texture Paint.

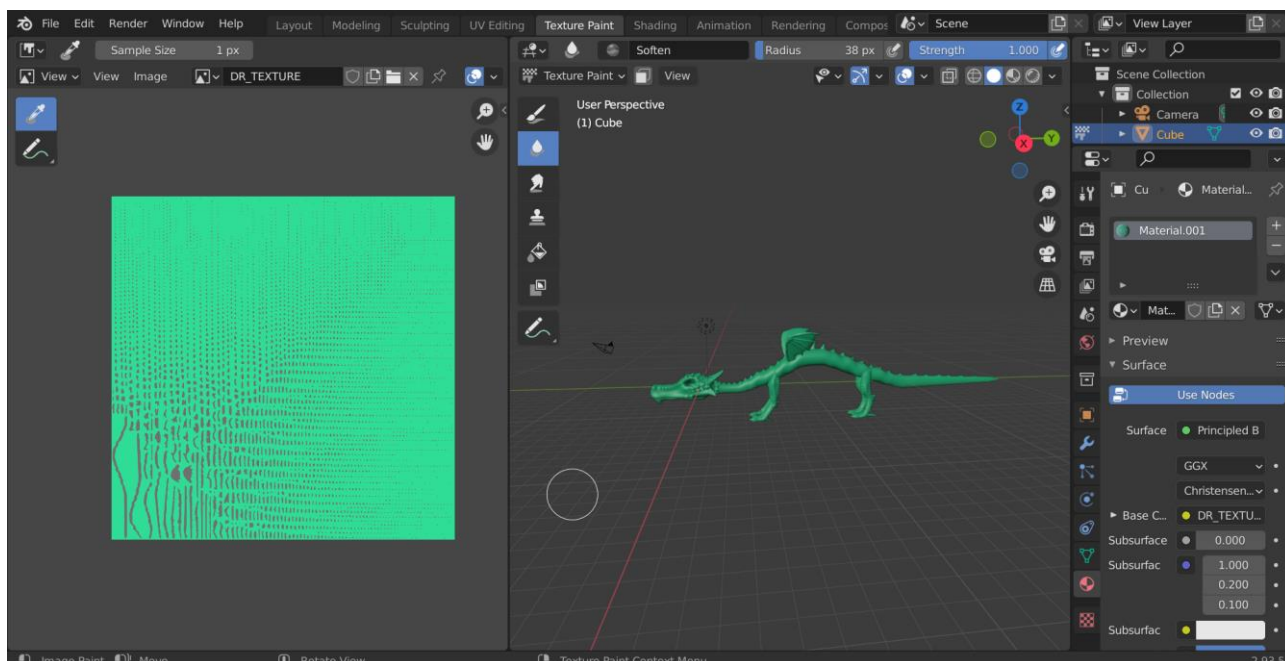


Рис. 11 Режим покраски модели

В данном режиме с левой стороны редактора располагается развёртка. По умолчанию, развёртка модели происходит по полигонам, угол между которым больше или равен 60° . При этом, расстояние между полигонами на развёртке изначально отсутствует. Это значит, что различные элементы развёртки могут соприкоснуться друг с другом на цветовой карте модели. Например, на развёртке, лапы дракона могут оказаться рядом с элементами развёртки головы дракона. Тогда, при покраске полигонов лап, могут быть затронуты полигоны головы, что является нежеланным эффектом.

Для проверки настройки развёртки и проверки её качества необходимо использование редактора развёртки UV Editing.

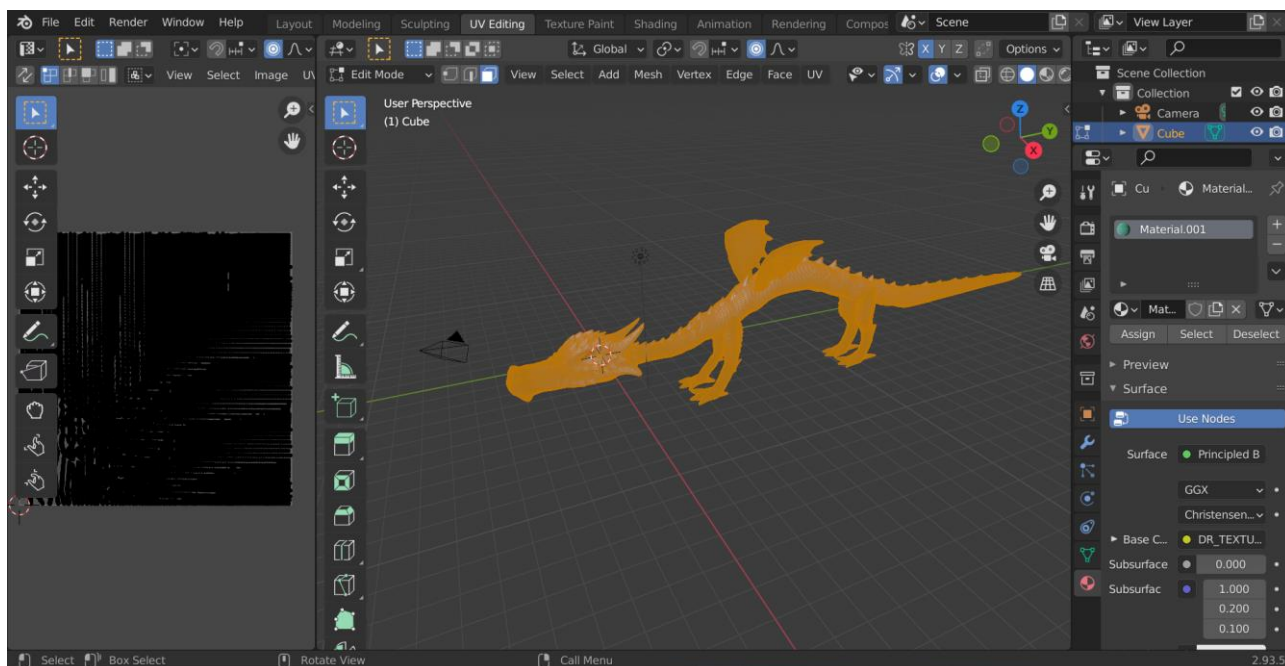


Рис. 12 Режим редактирования развёртки

Для редактирования развёртки, необходимо изменить показатель угла, при котором соседние полигоны будут разворачиваться. Для оценки качества полученной развёртки используется карта отображения силы искажения при выбранном угле развёртки.

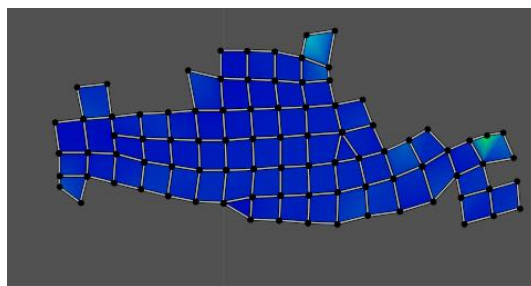


Рис. 13 Отображение силы искажения

Чем светлее цвет полигона на развёртке – тем сильнее он искажён относительно начальной модели. Развёртка считается хорошей, если количество светлых полигоном минимально, а подавляющее большинство полигонов на отображении имеет тёмный синий цвет. При сложных моделях, полностью избежать наличия светлых полигонов практически невозможно, с сохранением адекватного количества развёрнутых полигонов. При создании развёртки модели дракона, оптимальным значением угла было 44.6° .

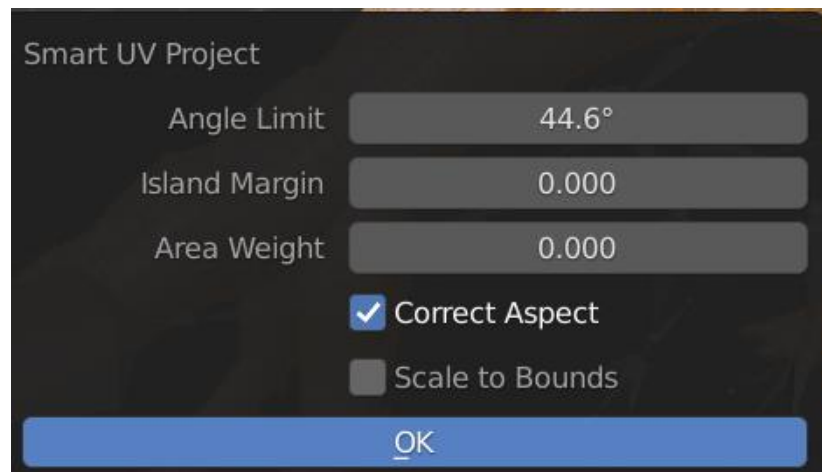


Рис. 14 Оптимальный угол развёртки

В качестве оптимального угла принимается максимальный угол, при котором большинство полигонов при отображении карты искажения имеют тёмный синий цвет.

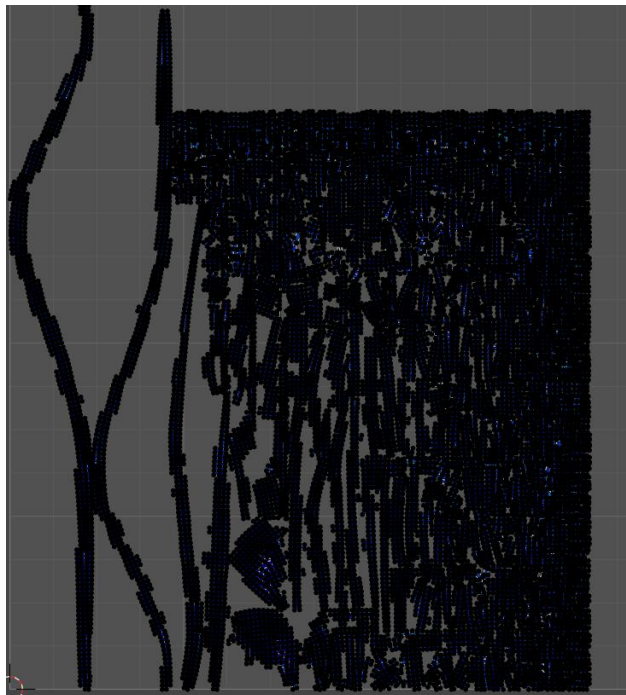


Рис. 15 Развёртка модели дракона

После редактирования развёртки модели, возможно возвращение в редактор текстур Texture Paint. В этом редакторе происходит покраска модели. Для этого производится выбор необходимого цвета и нанесение его на текстуру при помощи инструментов редактора. Покраска модели может осуществляться как по самой модели, так и по её развёртке.

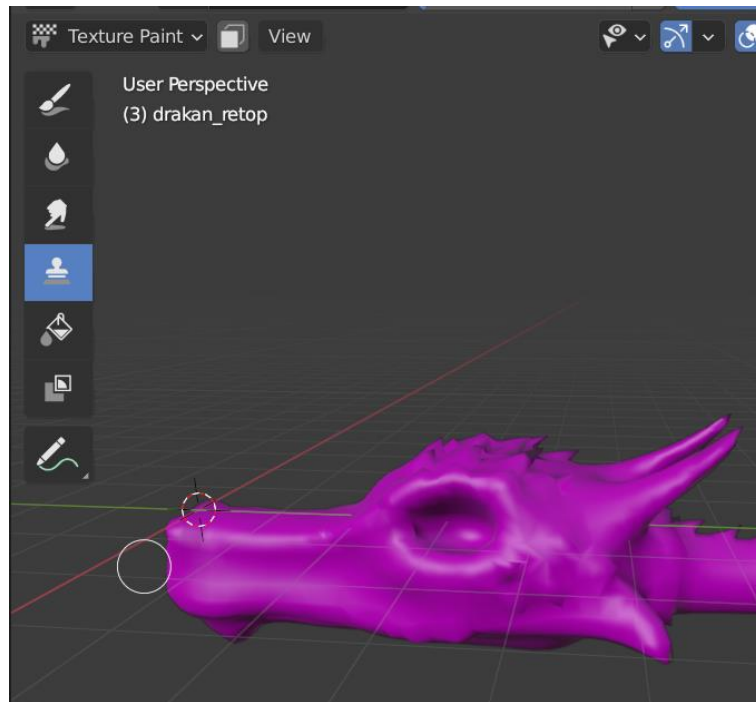


Рис. 16 покраска модели дракона

В результате покраски модели, на выходе получается модель с установленными цветами на цветовой развёртке и сама цветовая развёртка модели.

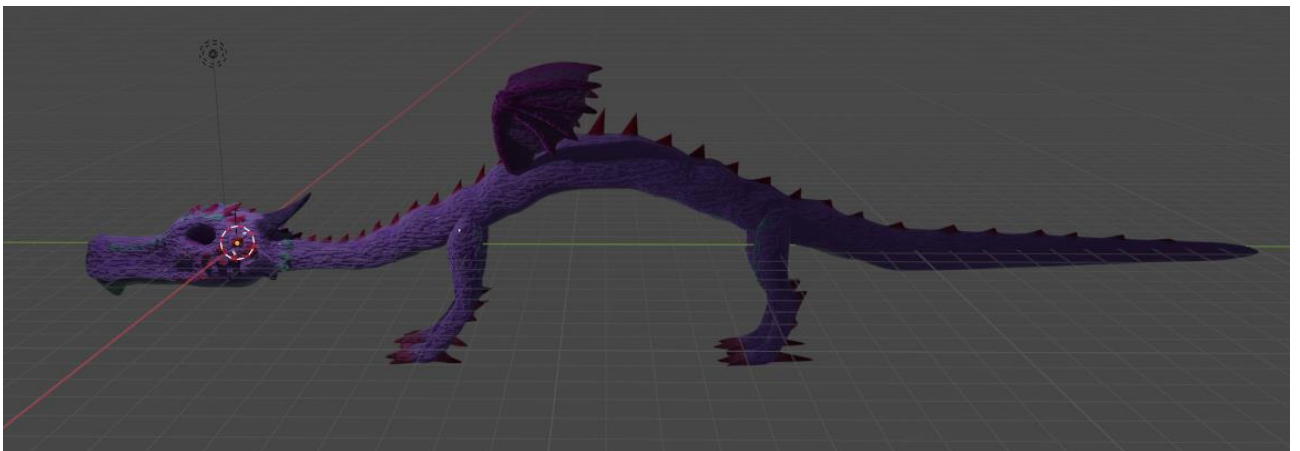


Рис. 17 Модель дракона после покраски

Для отображения результата покраски модели в редакторе модели, необходимо включение отображения шейдеров.

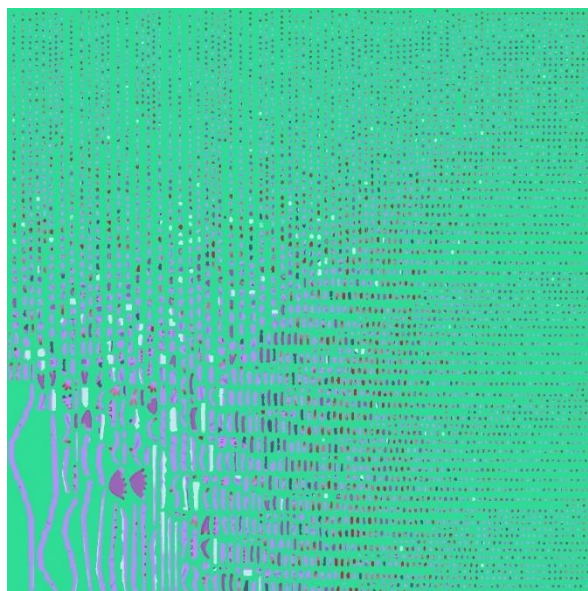


Рис. 18 Развёртка покраски модели дракона

Для Дальнейшей работы с моделью, необходимо сохранение развёртки покраски модели. Данная развёртка будет использована в качестве основной текстуры модели.

Текстурирование модели

Для добавления модели объёмных текстур, используется редактор отображения и настройки шейдеров - Shading.

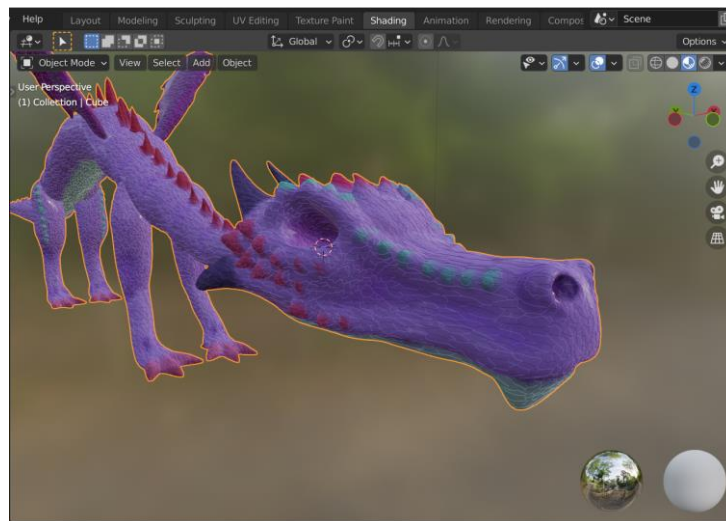


Рис. 19 Редактор отображения шейдеров

В редакторе отображения шейдеров, в нижней вкладке, располагается настройка отображения текстур.

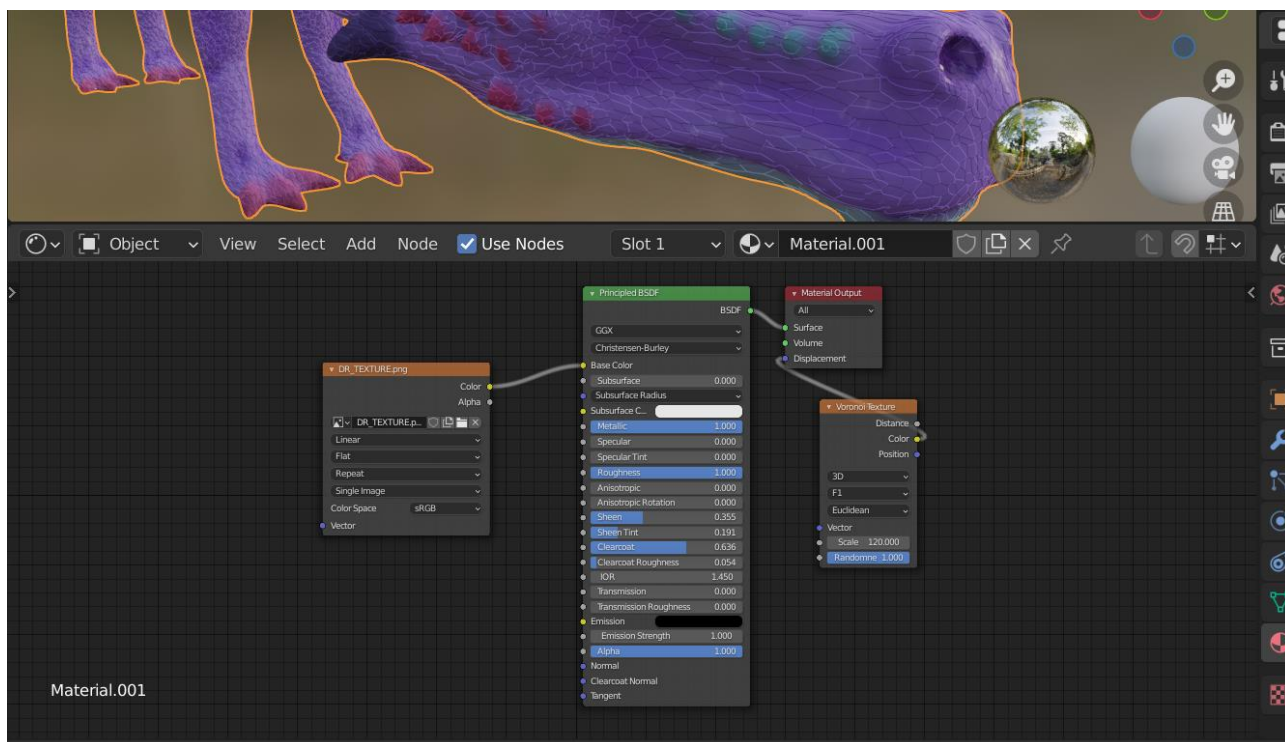


Рис. 20 Настройка отображения текстур

В качестве основной текстуры установлена ранее созданная цветовая развёртка модели. Эта установка отвечает за распределение и закрепление цветов на модели. В качестве дополнительной текстуры была установлена текстура чешуи.

Для создания текстуры чешуи была использована карта текстуры. Карта текстуры состоит из трёх основных элементов:

- Карта основных углублений и выступающих элементов будущей текстуры (контрастная чёрно-белая карта);
- Карта более гладкой текстуры – определяет плавные переходы между впадинами и выступающими элементами основной текстуры (чёрно-белое изображение с серым градиентом);
- Карата цветов (цветное изображение текстуры).

Поскольку карат цветов был ранее создана и установлена, последний элемент создания текстуры не востребован.

Далее необходима настройка размеров текстуры, степени «выпуклости» выступающих элементов, масштаба текстуры и т.д.

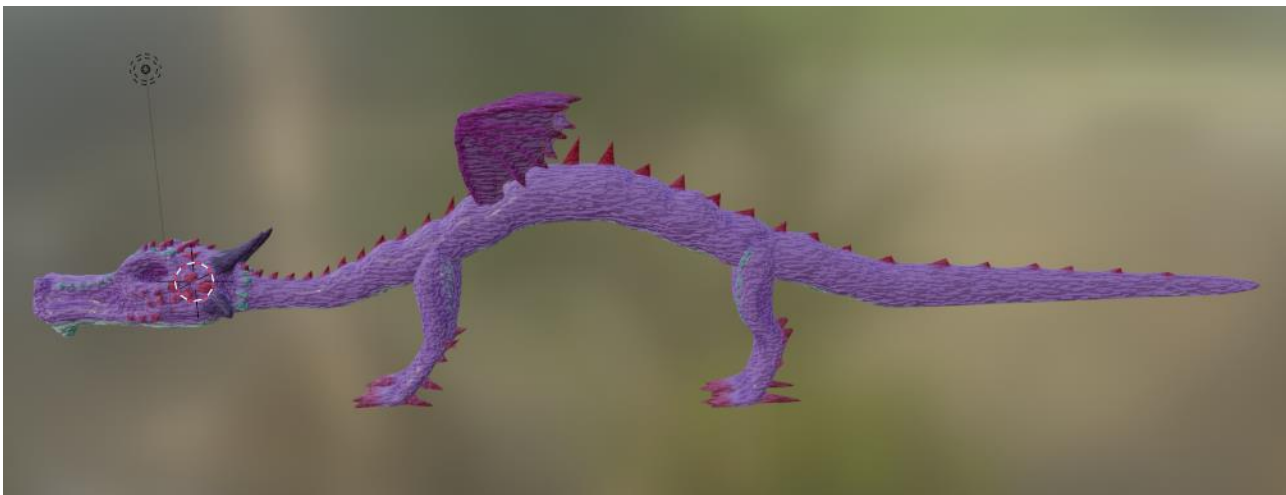


Рис. 21 Результат добавления текстур на модель

В результате добавления текстур, модель приобретает рельеф, цвет, степень «шероховатости», «гладкости» и т.д.

Запекание текстур

Следующим этапом является запекание текстур с высокополигональной модели на низкополигональную.

При запекании текстур необходимо наличие текстур на высокополигональной модели и низкополигональная модель на одной сцене Blender.

Запекание текстур происходит по принципу соотнесения и переноса элементов с высокополигональной модели на низкополигональную. Соответствующие участки моделей соотносятся между собой, после чего происходит перенос текстур. При производстве запекания текстур, необходимо учитывать освещение, выставленное на сцене. Перенос текстур осуществляется с учётом освещения, поэтому для успешного запекания текстур без потерь, необходимо выставить желаемое освещение перед началом процесса запекания.

Для переноса текстур с высокополигональной модели на низкополигональную, необходимо выбрать высокополигональную модель, затем низкополигональную и перейти в раздел запекания текстур.

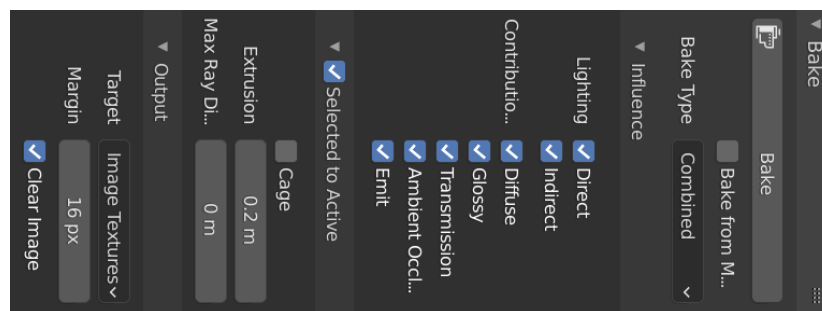


Рис. 22 Запекание текстур

После запекания текстур, низкополигональная модель получает свою развёртку с запечёнными текстурами.

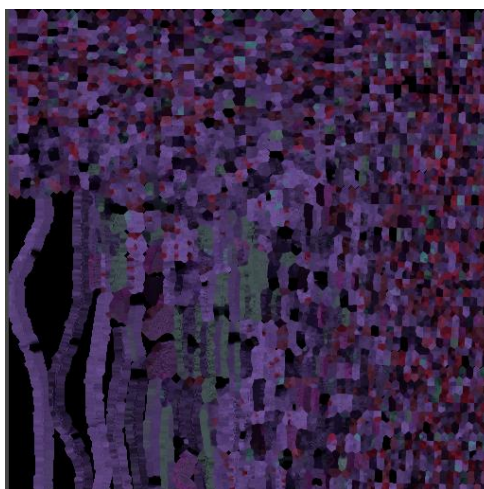


Рис. 23 Развёртка запечённых текстур для низкополигональной модели

После запекания текстур, для отображения текстур на низкополигональной модели, автоматически создаётся меню текстур. В меню текстур необходимо прикрепить развёртку текстур, полученную после запекания, к основной текстуре низкополигональной модели.



Рис. 23 Низкополигональная модель с запечённой текстурой

По результату запекания получена низкополигональная модель с текстурой, перенесённой с высокополигональной модели.

Создание анимации

Следующий этап разработки – создание анимации. Процесс создания анимации может быть разделён на два основных этапа:

- Добавление «скелета» и установка ключевых костей;
- Запись анимации.

Добавление скелета и расстановка костей

Для создания скелета было использовано добавление элемента Armature к имеющейся модели. Кости скелета строятся на подобии с анатомическим скелетом модели (или предполагаемым анатомическим скелетом) для достижения реалистичности движения.

Для работы с костями скелета, необходимо перейти в режим работы со скелетом – Pose Mode.

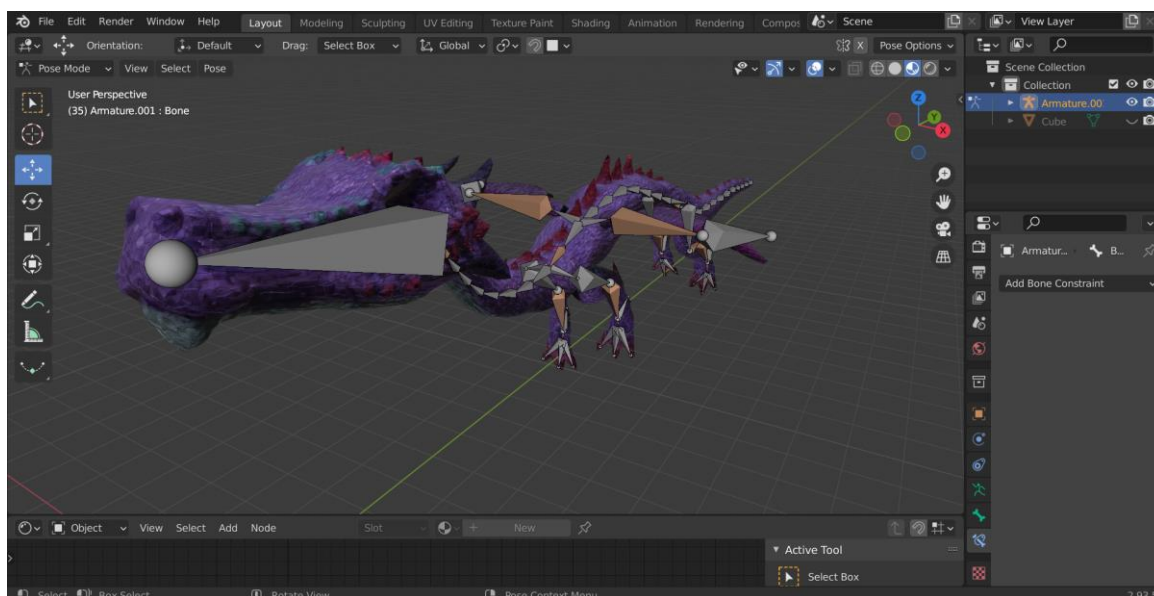


Рис. 24 Редактор скелета модели

После установки костей в модели, необходимо определение «ключевых» костей – костей, к которым будет применено свойство инверсивной кинематики. Движение костей без инверсивной кинематики независимо от других костей. Это усложняет изменение положения модели. Для создания

связей между костями и добавления автоматического изменения положения костей при изменении положения «ключевой» кости, используется инверсивная кинематика. Кости с инверсивной кинематикой связывают цепочкой несколько костей.

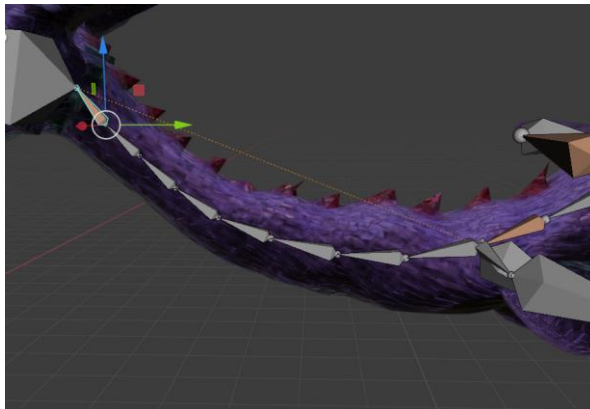


Рис. 25 Кость с инверсивной кинематикой

Для добавления инверсивной кинематики используется модификатор.

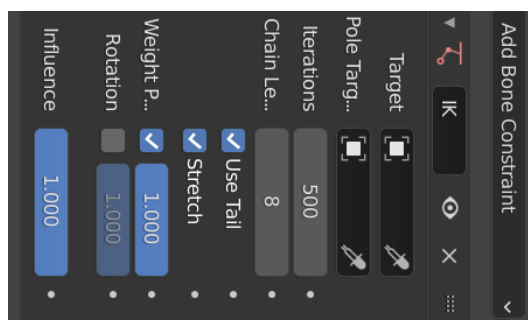


Рис. 25 Модификатор инверсивной кинематики

В модификаторе устанавливается значение количества последующих костей, которые будут связаны в цепочку с ключевой костью. Это значение влияет на длину цепи костей, положение которых будет изменяться в зависимости от изменения положения ключевой кости.

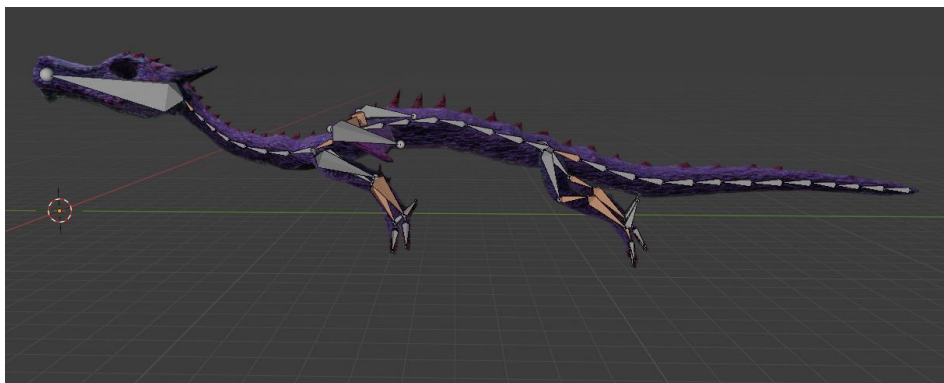


Рис. 26 Результат добавления скелета на модель

В результате добавления скелета и установки связи между оболочкой модели и скелетом, модель приобрела подвижность и её положение может изменяться.

Запись анимации

Для записи анимации необходимо перейти в редактор анимации – Animation. В редакторе анимации внизу располагается окно записи анимации с линией времени и ключевыми кадрами. В верхней части располагаются два окна. В первом окне отображается модель и её скелет для изменения положения модели и установки ключевых кадров. Второе окно отображает полученное изображение модели, с шейдерами.

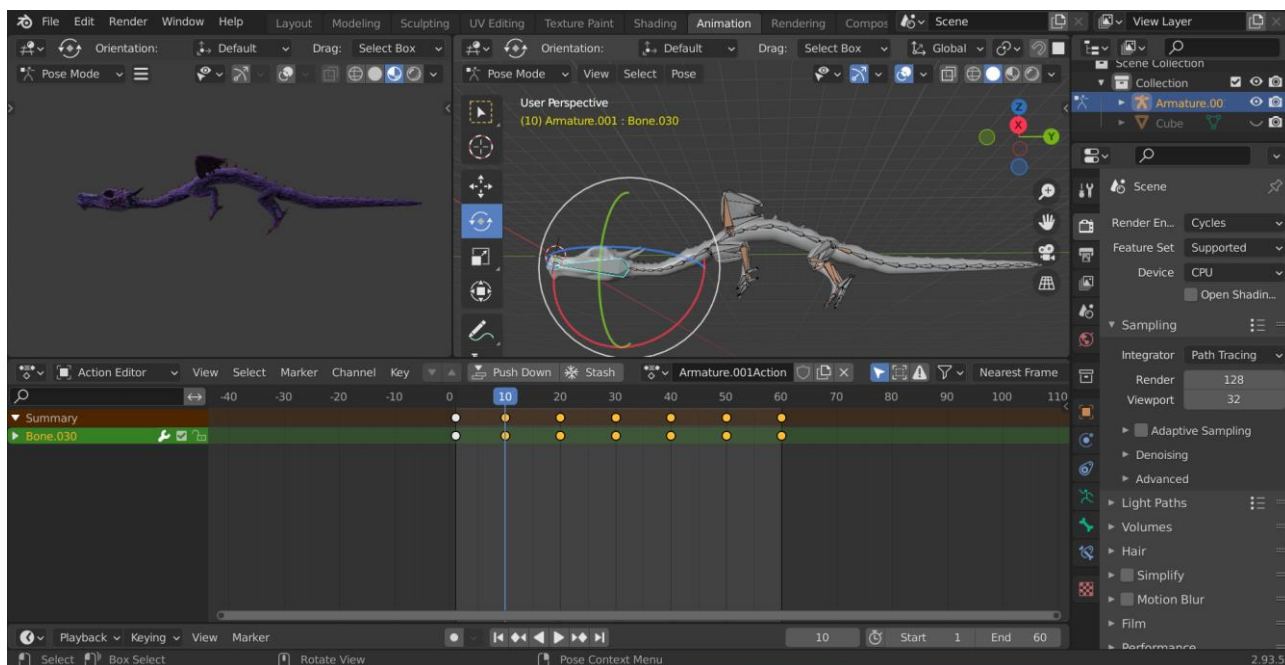


Рис. 26 Редактор анимации

Для записи анимации используются ключевые кадры. Ключевые кадры – основные положения модели, фиксируются на линии времени. Остальные элементы анимации дорабатываются автоматически.

Для изменения положения модели используется изменение положения скелета. Модель деформируется с учётом установленных костей и костей с инверсивной кинематикой.

После построения и закрепления ключевых кадров анимации, запись анимации необходимо сохранить для экспорта.

Экспорт модели в среду разработки игровых приложений

Для оценки полученных в ходе разработки модели результатов, необходимо экспортировать модель с анимацией и текстурами в среду разработки игровых приложений, разместить модель на пустой сцене игрового движка, запустить сцену и оценить количество кадров в секунду. Удовлетворительным считается показатель от 60 FPS и выше.

Для экспорта модели был использован формат fbx. Это позволяет экспортировать модель с сохранением текстур и анимации.

Для оценки качества реализации модели, был выбран игровой движок Unity.

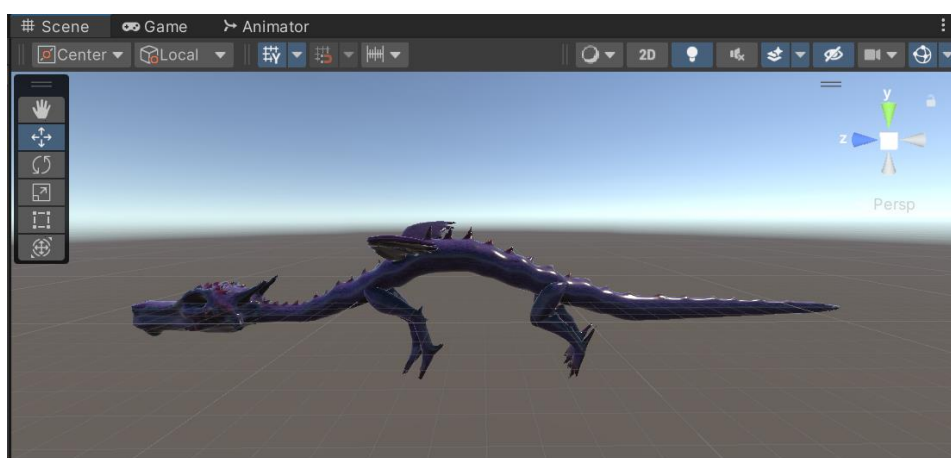


Рис. 27 Модель, экспортированная в среду разработки Unity

Для оценки показателя количество кадров в секунду, был организован вывод показателя на экран при запуске сцены.

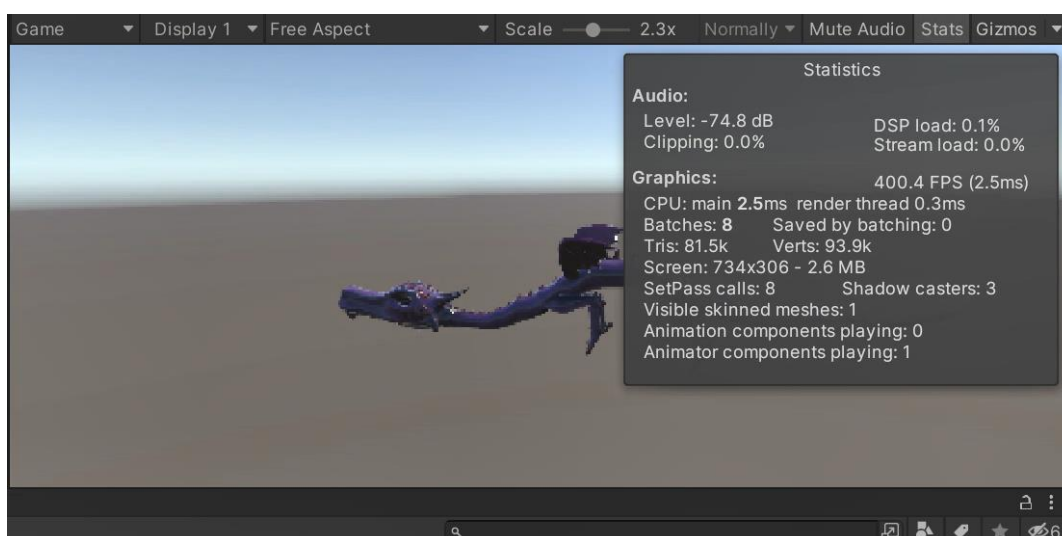


Рис. 28 Показатель FPS на сцене Unity

Показатель количества кадров в секунду находится в пределах от 300 FPS до 400 FPS. Этот показатель удовлетворяет требованиям к модели для дальнейшего использования её в игровых проекта.

Заключение

В ходе работ была создана трёхмерная компьютерная модель дракона, прошедшая все этапы разработки:

- Создание высокополигональной модели;
- Создание низкополигональной модели на основе высокополигональной модели;
- Создание текстур для высокополигональной модели;
- Запекание текстур с высокополигональной модели на низкополигональную модель;
- Создание анимации;
- Экспорт модели в среду разработки игровых приложений и оценка качества созданной модели.

По результатам экспорта модели в среду разработки Unity и запуска сцены, содержащей модель, было получено значение кадров в секунду, лежащее в интервале от 300 FPS до 400 FPS. Этот показатель удовлетворяет требованиям к модели, для её дальнейшего использования в игровых проектах.

Список литературы

1. Ретопология в Blender [Электронный ресурс]. -
<https://www.youtube.com/watch?v=OHlXz3aPFiU&t=523s>
2. Запекание текстур в Blender [Электронный ресурс]. -
<https://www.youtube.com/watch?v=XIBOasHgttY&t=159s>
3. Основы скульптинга в Blender [Электронный ресурс]. -
<https://www.youtube.com/watch?v=I5RcF3CMnnE&t=478s>
4. Текстурирование в Blender [Электронный ресурс]. -
<https://www.youtube.com/watch?v=iSve1LF1E1Y>
5. Автоматическая ретопология в Blender [Электронный ресурс]. -
<https://www.youtube.com/watch?v=DolnQcFmpGw&t=66s>
6. Создание скелета модели в Blender [Электронный ресурс]. -
https://www.youtube.com/watch?v=iiC3_aDJ1Gk
7. Инверсивная кинематика в Blender [Электронный ресурс]. -
https://www.youtube.com/watch?v=nORGK_jvm6I