



УДК 004.92

3D-МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРСОНАЖІВ З АНІМАЦІЄЮ ДЛЯ ІГРОВИХ ПРОЕКТІВ. ЧАСТИНА 2

Вилков В.С., Болтач С.В., Ломовцев П.Б.

Copyright © 2022 by author and the journal “Automation of technological and business – processes”.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

DOI: 10.15673/atbp.v14i4.2432

Анотація. Технології 3d графіки проникли в багато сфер людської діяльності, і приносять колосальний прибуток. Так у сфері науки 3D-графіка використовується в основному для проектування технічних виробів. Сучасні технології дозволяють створити візуалізацію проєктованого об'єкта, максимально наближеного до реального пристрою, оцінити його наочно. Тривимірна модель майбутнього механізму прискорює і полегшує роботу інженера-конструктора, позбавляючи його від процесу креслення. Графіка у сфері реклами та маркетингу використовується майже завжди. Все частіше маркетологи використовують 3D-візуалізацію об'єктів, створюючи анімаційні рекламні ролики. Зйомки в реальних умовах не дають такої привабливої картинки, як із застосуванням анімації. 3D-зображення інтер'єру або будівлі з використанням комп'ютерних програм зацікавилися порівняно недавно, так як раніше для цього виготовляли макети з картону або спеціальних матеріалів. Сьогодні 3D-візуалізація будинку - важливий етап перед початком будівельних робіт. Дана технологія дозволяє подивитися на готовий об'єкт і внести зміни при необхідності. Звичайно у кінематографі і ігровій індустрії 3D-графіка прижилася і вкоренилася назавжди. Сучасній людині важко уявити улюблену гру без тривимірних персонажів, а черговий фільм - без 3D-графіки.

Abstract. Technologies of 3d graphics have penetrated into many spheres of human activity, and bring enormous profits. Thus, in the field of science, 3D graphics are used mainly for the design of technical products. Modern technologies make it possible to create a visualization of the projected object, as close as possible to the real device, to evaluate it visually. The three-dimensional model of the future mechanism speeds up and facilitates the work of the design engineer, saving him from the drawing process. Graphics are almost always used in advertising and marketing. Increasingly, marketers use 3D visualization of objects when creating animated commercials. Shooting in real conditions does not give such an attractive picture as with the use of animation. 3D images of the interior or building using computer programs have become interested relatively recently, as earlier models were made of cardboard or special materials for this purpose. Today, 3D visualization of the house is an important stage before the start of construction work. This technology allows you to look at the finished object and make changes if necessary. Of course, in the cinematography and game industry, 3D graphics took root and took root forever. It is difficult for a modern person to imagine a favorite game without three-dimensional characters, and another movie without 3D graphics.

Ключові слова: 3D, Концепт, Високо-полігональне моделювання, Низько-полігональне, Скульптінг, Ретопологія

Key words: 3D, Concept, High Polygon Modeling, Low Polygon, Sculpting, Retopology

Вступ

На сьогоднішній день важливість виготовлення комп'ютерної графіки складно переоцінити. Світ не стоїть на місці, швидкі темпи розвитку технічного прогресу зробили комп'ютерну графіку вимогливою у багатьох напрямках промислово-побутової сфери. 3D графіка є невід'ємним супутником архітекторів, дизайнерів, діячів культури, рекламних фахівців, фахівців в області ігрової індустрії і важкого машинобудування. Можливості 3D графіки в сучасному світі практично безмежні.

Базовим поняттям в 3D графіці є 3D модель. Якісно пророблена модель становить половину успіху будь-якого проєкту. У сучасному світі відеоігри мають особливе значення, стаючи невід'ємною частиною нашого повсякдення, емоційною складовою поряд з навчанням і працею. Попит на відеоігри і нові емоції народжують все більше пропозицій, але також з розвитком комп'ютерних технологій зростає і вимогливість гравців. Наприклад, вимогливість до графічної складової – вона безпосередньо відображає якість наповнення гри, а саме персонажів і сеттінг, створенням яких займаються 3D художники, гейм-дизайнери і розробники ігор. В даний час на ринку ігрової індустрії є безліч 3D-художників, як любителів, так і професіоналів. Вони мають безліч презентаційних проєктів ігрових моделей, метою яких є просування авторства, а саме особистих творчих, дизайнерських здібностей і продаж продукції. З розвитком технологій кількість 3D художників і їх продукції помітно росте, гостро постає питання про



перенасичення ринку. Але на сьогоднішній день активно ведеться пошук нових ідей, емоційних образів. Попит на фахівців в області продовжує зростати і велика увага приділяється навичкам моделювання, творчому підходу, здатністю здивувати і уявити щось абсолютно нове.

Створення 3D-моделі ігрового персонажа стало вирішенням питання просування та реклами не тільки себе як дизайнера і автора, а й можливості подальшого продажу мультимедійного проекту. Інформаційну базу проекту складають літературні і навчальні посібники, довідники, ресурси в мережі Інтернет. Наукова новизна полягає в авторському дизайні і створенні абсолютно нової ігрової моделі. Практична значимість дослідження полягає в використанні результатів роботи в рекламних цілях.

Практична реалізація

Щоб описати основні етапи проекту було побудовано структурну схему, яка показує графічно загальні етапи розробки 3д-моделі персонажа для ігрових проектів (рисунок 1). Етап скульптінга формує майбутню форму моделі персонажу, тобто високо-полігональну модель, яка у подальшому буде піддана ретопології. Цей етап потребує попереднього створення концепту. Етап ретопології потребується задля оптимізації моделі, що допомагає відобразити модель у грі, не потребуючи від комп'ютера навантаження. Етап розгортки створює 2д-карту, на якій будуть відображатися текстурні карти. Чим більше місця зайнято на текстурній карті, тим більш деталізовано будуть відображатися текстури на майбутній модель персонажа. Етап текстурування потрібен для створення усіх текстурних карт, серед яких: карта кольорів, карта металічності, карта нерівностей та інші, якщо цього потребує модель. Важливо попередньо провести запікання карти нормалей та Ambient Occlusion, для відображення деталізованої форми моделі, яку було створено під час етапу скульптінга.

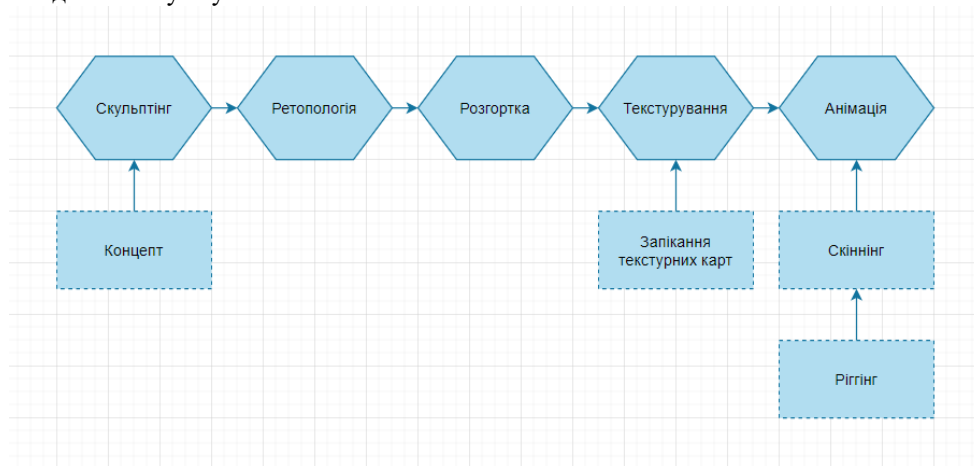


Рис. 1 – Структурна схема етапів розробки 3д-моделі персонажа для ігрових проектів

Етап анімації дозволяє моделі персонажа рухатись. Для простішого створення анімації, попередньо важливо створити рігінг та скіннінг моделі персонажа.

Діаграма варіантів використання

Діаграма варіантів використання відображає функціональні можливості системи, завдяки акторам, варіантам використання та відношеннями між ними (рисунок 2).

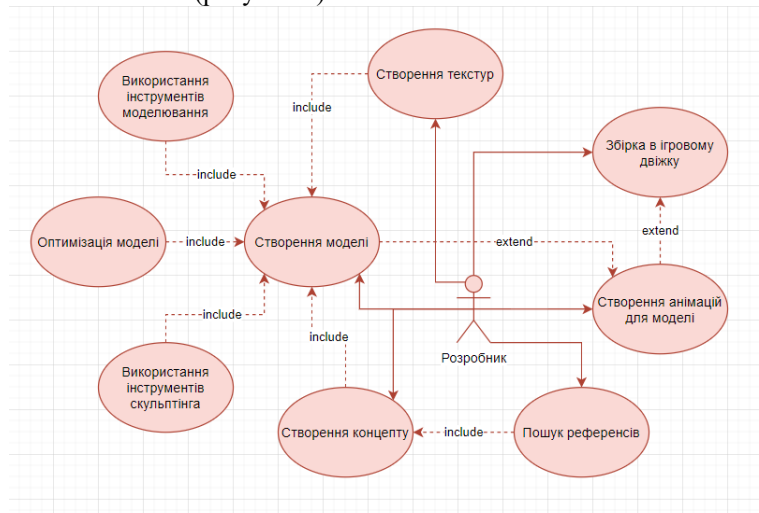


Рис. 2 – Діаграма варіантів використання



Актор на діаграмі варіантів використання відображає людину, або систему, як сутність, яка може здійснювати певні дії над основними функціями проекту. Варіанти використання – функції, тобто дії, які здійснюються завдяки актору. Вони також можуть входити, або включати в себе інші функції проекту через певні взаємозв'язки. На даній діаграмі представлено актора-розробника проекту та варіанти використання, які є основними для нього, а саме створення моделі для подальшої анімації та впровадженню в ігровий движок. Створення моделі на діаграмі включає у себе використання певних інструментів скульптинга, моделювання та текстурювання, а також методи оптимізації моделі. Таким чином, діаграма варіантів використання відображає можливості та функції розробника над системою проекту.

Діаграма компонентів

Діаграма компонентів показує фізичне представлення системи. Вона встановлює залежність між програмними компонентами, які описують систему, що розробляється (рисунок 3).

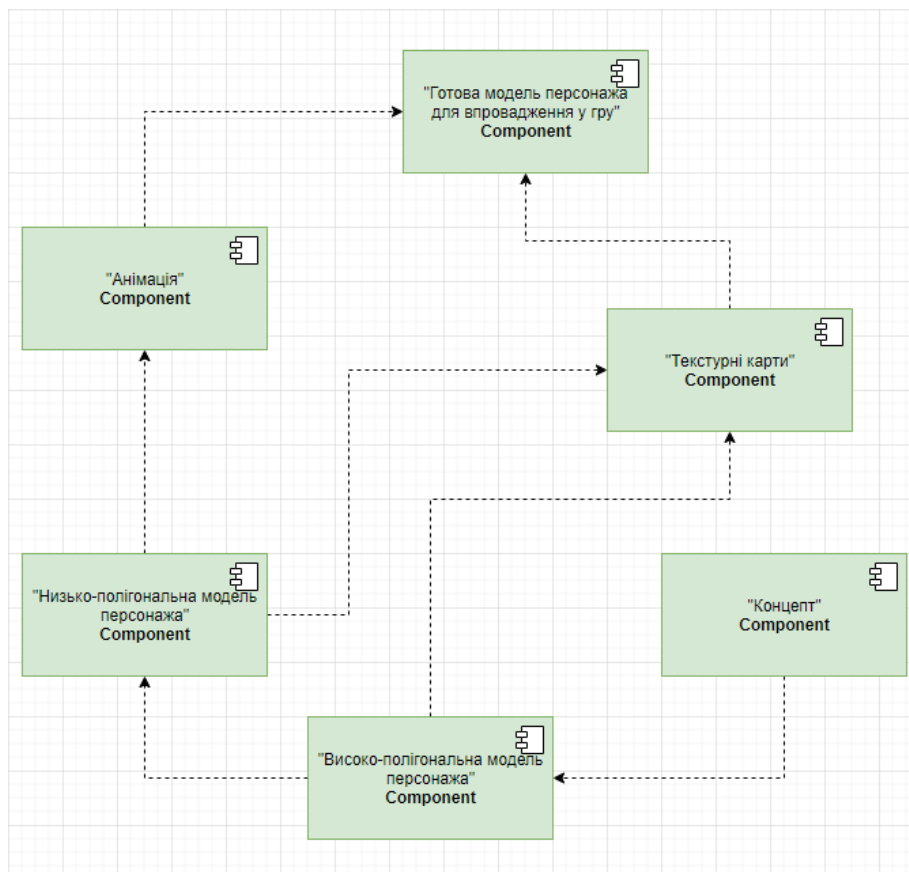


Рис. 3 – Діаграма компонентів

Кожен компонент на діаграмі з'єднано з іншими пунктирною стрілкою, що показує їх відношення взаємозалежності. Ця діаграма допомагає представити повну картину реалізації проекту за допомогою конкретних фізичних компонентів, а не просто абстракцій.

На діаграмі показані всі компоненти, які зв'язані з компонентом готової моделі для гри. Вони описують всі потрібні компоненти для створення кінцевого виду моделі у ігровому движку.

Діаграма активності

При моделюванні поведінки проекрованої або аналізованої системи виникає необхідність не тільки представити процес зміни її станів, але і деталізувати особливості алгоритмічної і логічної реалізації виконуваних системою операцій. Традиційно для цієї мети використовувалися блок-схеми або структурні схеми алгоритмів. Кожна така схема акцентує увагу на послідовності виконання певних дій або операцій, які призводять до отримання потрібного результату. Для моделювання процесу виконання операцій на мові UML використовуються діаграми активності.

Діаграма активності показує послідовність переходу від однієї діяльності до іншої, при цьому увага фіксується на результаті діяльності. Також результат може привести до зміни стану системи або повернення деякого значення. Підготовка моделі до анімації та текстурювання виступає контейнером з окремим процесом.

На даній діаграмі можна побачити весь процес створення моделі персонажа для ігрового проекту (рисунок 4).

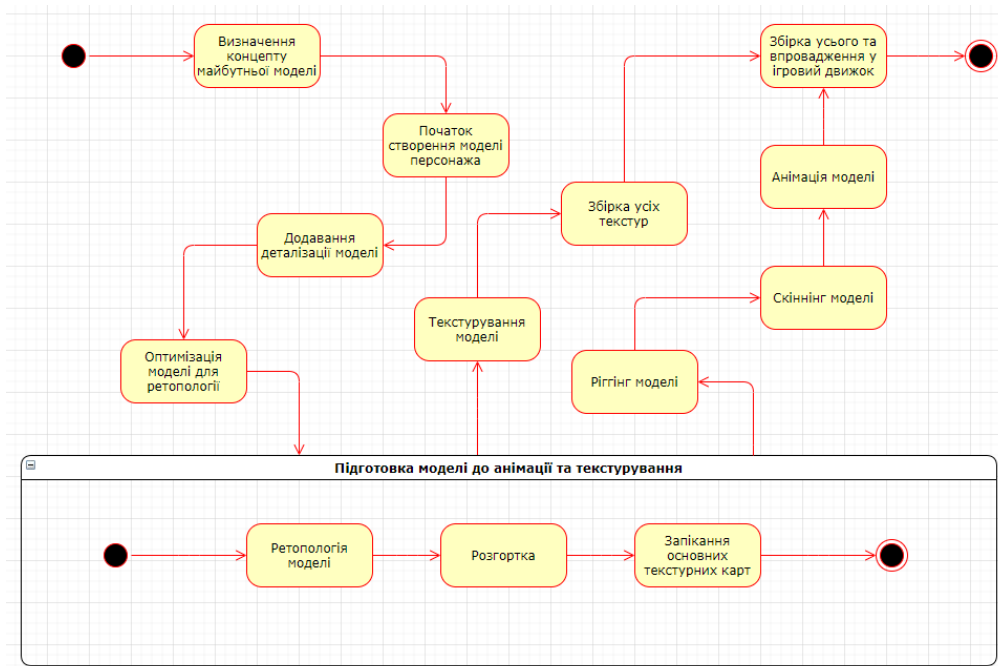


Рис. 4 – Діаграма активності

Реалізація проекту

Першим етапом розробки 3Д моделі персонажа є «Створення концепту». Перед тим, як почати розробку моделі потрібно точно розуміти яким саме буде фінальний вигляд 3Д моделі персонажа. Тому спочатку потрібно розробити його візуальну картину, тобто концепт. Таким чином, перед тим, як почати малювати концепт персонажу було потрібно підібрати спеціальні референси, тобто зображення які допоможуть створити концепт. На рисунку 5 показано референси, які було знайдено в мережі інтернету для подальшого створення концепту персонажа.

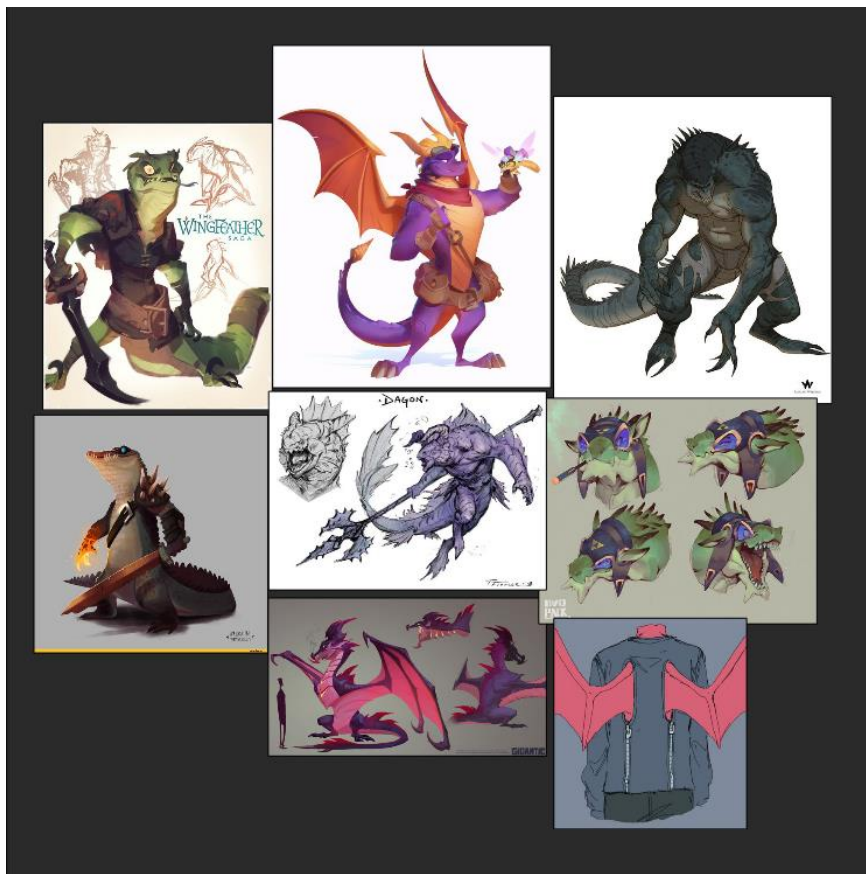


Рис. 5 – Зібрані референси для концепту



Для створення концепту майбутнього персонажа було обрано графічний редактор Adobe Photoshop. Однією з головних переваг графічних редакторів є використання шарів, що дозволяє розробляти концепт поетапно працюючи з одним шаром, не впливаючи на інші. Завдяки цьому можна створити начерк на одному шарі, зробити його наполовину прозорим, та малювати основні контури концепту на іншому шарі, поверх попереднього.

Після перегляду і відбору референсів перший ескіз був виконаний у вигляді начерку в чорно-білій гамі. Це дозволило в коротких термінах визначитися з силуетом, позою персонажа, пропорціями, основними деталями і загальними рисами обличчя. Приклад начерку зображено на рисунку 6.

Далі в створенні ескізу було необхідно позначити контури основних форм начерку і поступово додати деталі тіла та одягу. Коли етап роботи з контуром закінчено – необхідно додати колір і обсяг. Перед тим як додавати кольоровість використовуються градації сірого кольору, для позначення обсягу і форми. Для цього було створено ще один шар, на якому було додано тіні. Об'ємний ескіз в градаціях сірого кольору представлений на рисунку 6.



Рис. 6 – Начерк персонажу та ескіз в градаціях сірого

Колір також малюється на новому шарі, таким чином можна легко з'єднати колір з тінями, не псуючи загальної картини концепту, що дозволяє легко досягти потрібного результату. Коли нанесено колір, концепт можна вважати завершеним, так як для даного проекту цього достатньо, щоб безпосередньо почати створювати 3d модель персонажу.

Відбираючи різні елементи з кожного референсу було зібрано фінальний концепт персонажу, який було відтворено за допомогою графічного редактора Adobe Photoshop. На рисунку 7 можна побачити готовий концепт персонажу. Таким чином, коли концепт майбутнього персонажу підготовлено, можна переходити до другого етапу створення персонажу – розробка високо-полігональної моделі.



Рис. 7 – Концепт майбутньої моделі персонажу



Розгортка низько-полігональної моделі

Щоб почати етап розгортки моделі, усі її елементи, які були експортовані із програми 3dscoat, треба імпортувати у програму Autodesk Maya. Таким чином, аналогічно процесу ретопології, процес розгортки буде виконуватися по черзі для кожного елемента окремо. Для того щоб розгорнути модель на UV карту спочатку її треба порізати на частини, таким чином щоб, якщо хтось захоче розгорнути поверхню цієї моделі по розрізаним частинам її можна буде побачити повністю (з усіх боків) на 2d карті. Завдяки інструментам програми «Cut» та «Sew» можна легко та швидко «розрізати» модель, або «склеїти» її. Таким чином білі лінії на ребрах полігонів моделі являються розрізаними. Після того як модель буде повністю розрізана на окремі частини, усі ці частини треба розподілити на UV карті за такими правилами: частини не повинні залазити одна на одну; усі частини потрібно розподілити на карті розміром в 1 квадрат; бажано розподілити частини так, щоб на карті було якомога менше вільного місця, таким чином якість майбутніх текстур моделі буде значно більшою; якщо потрібно модель персонажа можна розділити на декілька різних текстурних карт, це також додає якості майбутнім текстурам, а також, таким чином можна розділити модель на елементи, які зв'язані між собою (наприклад, окрема карта для тіла, для одягу, для зброї та інших частин персонажа). На рисунку 8 можна побачити розгорнуту модель тіла персонажа на UV карті, розміром в один квадрат.

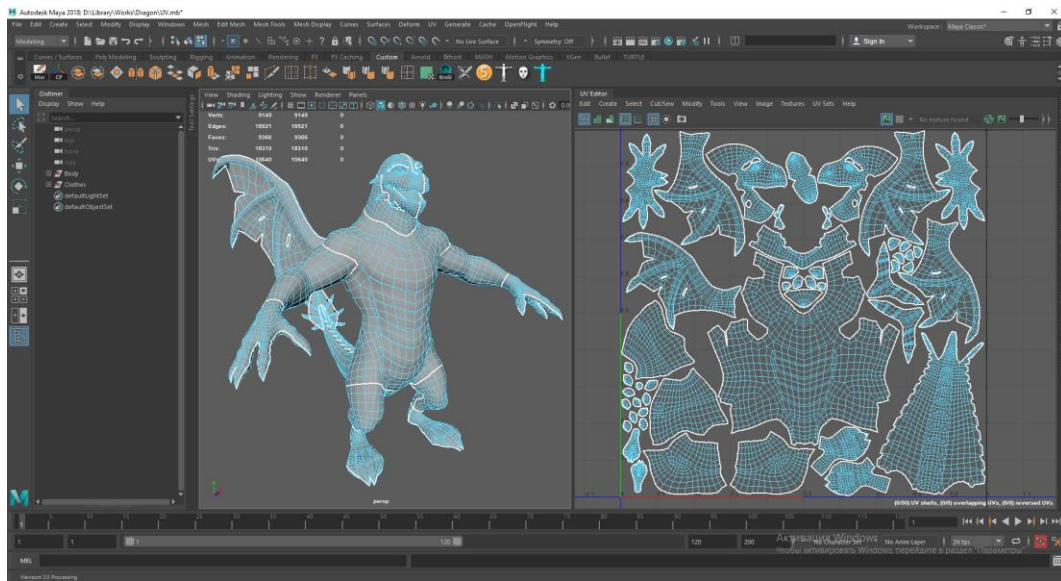


Рис. 8 – Розгортка низько-полігональної моделі персонажа в програмі Autodesk Maya

Під час процесу розгортки персонажу було враховано усі попередні правила створення якісної розгортки. Таким чином уся модель персонажа була розділена на дві текстурні карти – тіло та одяг персонажа. На рисунку 9 можна побачити обидві розгорнуті карти.

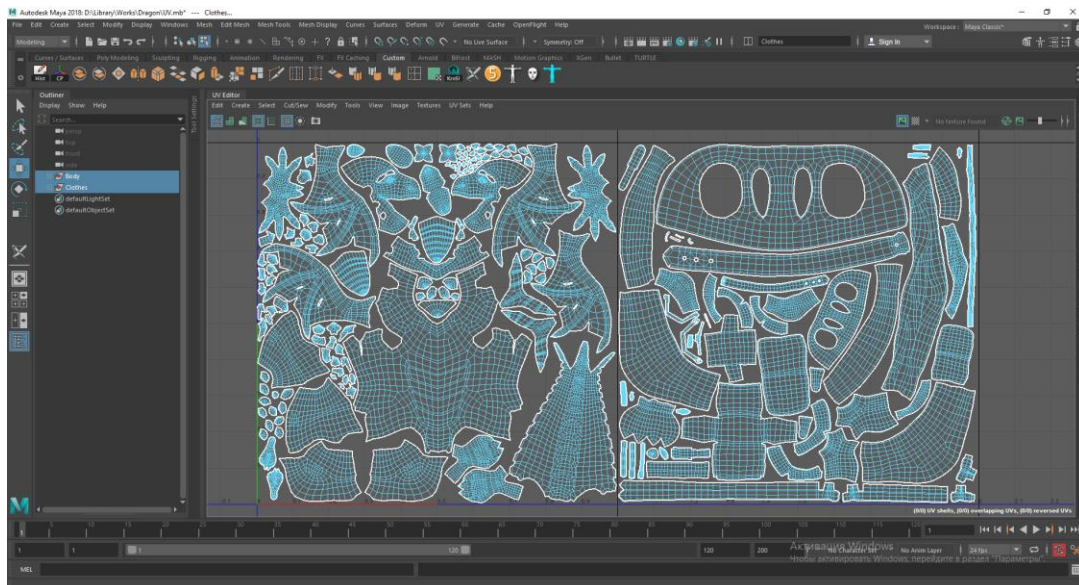


Рис. 9 – Дві фінальні UV карти моделі в програмі Autodesk Maya



Для етапу запікання моделі потрібно мати саме розгорнуту модель персонажа, щоб майбутні текстури могли лягти на розгорнуту карту моделі. Тому усі розгорнуті елементи моделі таким же чином як на попередньому етапі потрібно експортувати окремо, та у тій же послідовності. Це робиться для того, щоб на низько-полігональну модель можна було запікати текстури узяті із високо-полігональної моделі. Тому порядок експорту такої важливий, а також назва кожного високо-полігонального елемента повинна відповідати назві його низько-полігонального аналога. Таким чином коли усі елементи були експортовані можна переходити до етапу запікання моделі.

Анімація персонажу

Етап анімації персонажа можна вважати кінцевим перед тим, як модель персонажа буде експортована в ігровий движок, хоча процес текстурування моделі та створення анімації для неї ніяк не впливають один на одного (тобто, можна створювати анімацію для моделі не маючи готових текстур). Текстури були створені заздалегідь для того, щоб можна було побачити, як вони виглядають на персонажі, який рухається. Для створення анімації персонажа було використано програму Autodesk Maya. Вона надає багато інструментів для створення скелету та подальшої його анімації. Крім цього є багато, як безкоштовних так і платних скриптів для програми Autodesk Maya, які дозволяють прискорити процес створення анімації.

Перед тим, як починати створювати анімацію персонажа потрібно зробити його скелет, кожна з кісток якого буде відповідати за окрему частину моделі. Таким чином, наприклад щоб підняти руку персонажу, треба буде лише підняти кістку, яка потягне за собою руку. Система кісток має свою ієрархію, що створює зв'язки між ними. Зв'язок може бути лише одним – зв'язок між батьківською кісткою та дочірньою. Крім цього в одній батьківській кістці може бути безліч дочірніх, а в одній дочірній кістці – лише одна батьківська.

Таким чином коли батьківська кістка рухається, або обертається, усі її дочірні кістки рухаються та обертаються за нею. Тобто, якщо повернути плече назад, рука яка відноситься до нього повернеться теж. Тому спочатку потрібно створити скелетну систему моделі. Для цього було використано інструмент «Create Joints», який створює кістки. Спочатку було побудовано кістки для тазу, хребту, шиї, голови, та хвосту, які йдуть по одному напрямку. Потім були створені кістки для стегна, коліна та ступні, а потім їх було віддзеркалено.

Так само були створені кістки для лопатки, плеча, ліктя, кисті та чотирьох пальців (тому що персонаж стилізований). Ще було створено кістки для щелепи, та очей. Для крил було створено по декілька кісток на кожен частину крила, так щоб анімація виглядала більш плавною.

У кінці, також було додано пару кісток для сумок, які носить персонаж, щоб при анімації вони не «врізались» у тіло персонажу. Далі треба з'єднати побудовані групи кісток так, щоб найвищою кісткою в ієрархії була кістка тазу. Таким чином, рухаючи кістку тазу буде рухатися все тіло. На рисунку 10 показано збудований скелет персонажу.

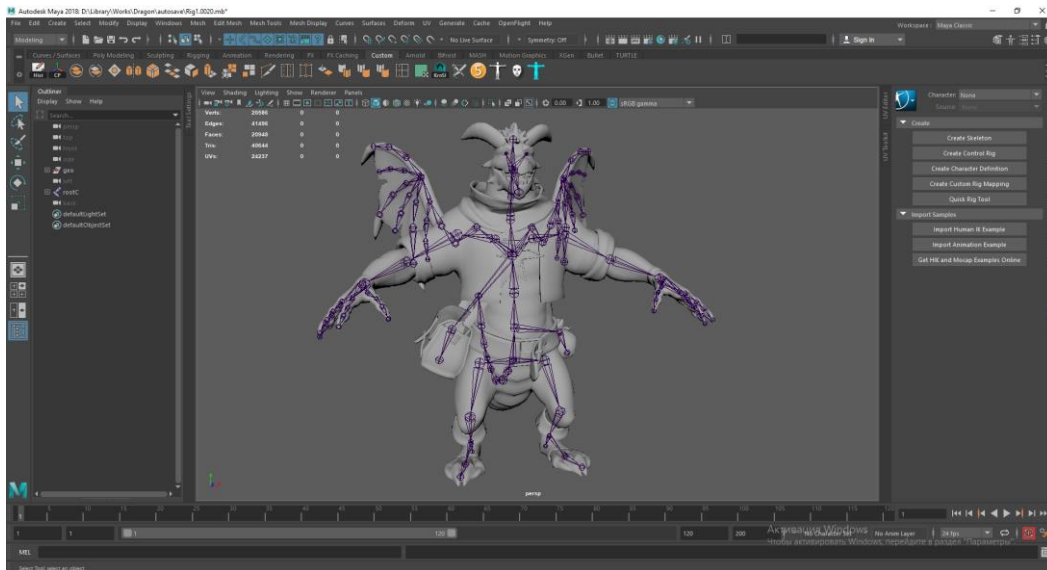


Рис. 10 – Побудований скелет персонажу в програмі Autodesk Maya

Після того як скелет буде побудовано, його треба «прикріпити» до моделі персонажу. Під час скінінгу моделі створюється та редагується карта ваг моделі. Спочатку треба виділити елементи моделі та кістки, які потрібно скріпити. Можна скріпити одразу усю модель з усіма створеними кістками, або з'єднувати окремі частини моделі з відповідними їм кістками.

Після цього можна увімкнути режим малювання ваг на моделі. Коли режим малювання ваг увімкнено, певна кістка має стати виділеною, це означає що ваги малюються саме по ній. У вікні для редагування ваг можна побачити список з ієрархією кісток, які відносяться до даного елемента моделі, у ньому можна обрати кістку над якою потрібно здійснити зміни. Таким чином можна легко перемикатися між елементами моделі та кістками.



Кістки впливають не на полігони моделі, а на вершини (тобто, точки), таким чином ваги розподіляються саме по ним. В режимі малювання ваг можна побачити що певні точки фарбуються різними кольорами. Так білий колір означає, що точка повністю прикріплена до кістки, а чорний – навпаки, не відноситься до неї. Також вершини можуть мати інші кольори – від червоного до синього, чим колір тепліше – тим більше відноситься до кістки, і навпаки, чим холодніше – тим менше відношення до кістки. Таким чином на рисунку 11 можна побачити модель в режимі малювання ваг.

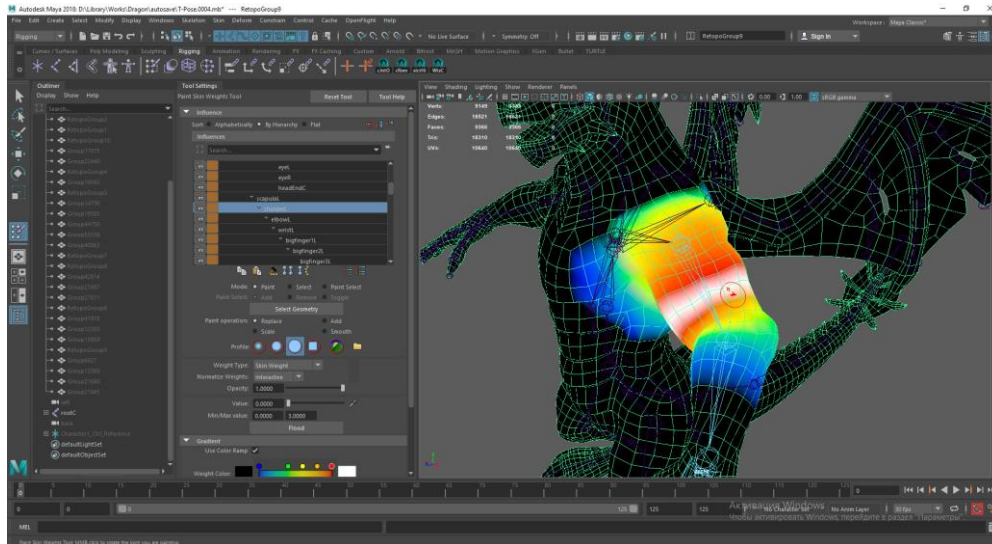


Рис. 11 – Скінінг моделі персонажу в програмі Autodesk Maya

Коли карта ваг готова, можна починати процес анімації персонажу. Нижня частина програми відведена спеціально для анімації. На ній можна побачити шкалу кадрів, схожу на звичайний програвач для відео або музики. Вона відображає кількість кадрів анімації (її можна легко змінити). Також можна обрати, кількість кадрів у секунду (для даного проекту було обрано 30 кадрів).

Анімація створюється поступово, спочатку потрібно встановити модель у нульовому кадрі в позу. Щоб положення кістки закріпилося на певному кадрі треба спочатку обрати кадр, потім поставити кістку у потрібне положення, після чого закріпити на даному кадрі натиснувши кнопку «Set Key».

Не обов'язково встановлювати модель в потрібне положення на кожному кадрі, навіть якщо між двома встановленими кадрами є невикористаний проміжок кадрів, модель буде рухатись плавно з одного кадру до іншого.

На рисунку 12 зображено процес створення однієї з анімацій персонажу.



Рис. 12 – Процес створення анімації персонажу в програмі Autodesk Maya

Таким чином для даного проекту було створено сім різних анімацій, які відповідають анімаціям, які зазвичай використовуються в більшості сучасних ігор та деякі анімації відповідні даному персонажу, серед них: дві анімації стоячого персонажа, анімація ходьби, бігу, стрибку, польоту та анімація реву. Після того як анімація вважається завершеною її треба запекти зі скелетом (це робиться в той самій програмі) та експортувати модель зі скелетом та



анімацією для подальшого використання її в ігровому движку. Коли усі анімації експортовані, можна переходити до роботи в ігровому движку.

Загальні висновки

У результаті виконання даного етапу дослідження проєкта перш за все потребувала розуміння та правильної побудови алгоритму створення 3d моделі персонажу, таким чином, щоб в кінцевому результаті отримати вже готову модель персонажу для швидкого впровадження в ігровий движок. Після перегляду та аналізу використаних джерел було визначено порядок етапів створення моделі персонажу для ігор.

Завдяки аналізу існуючих аналогів для даного проєкту на сьогоднішній день, було обрано, як саме буде виглядати майбутня модель. Також, завдяки перегляду усіх відомих та розповсюджених програмних продуктів, які використовуються для розробки ігрових моделей, було створено порівняльні таблиці, які допомогли визначитись у виборі відповідних програм для даного проєкту.

Список використаних джерел

- [1]. Як робляться моделі для AAA-ігор. Повний гайд по AAA-Пайплайну // School-xyz: [Веб-сайт]. 2020. URL: https://www.school-xyz.com/kak_delayutsya_modeli_dlya_aaa_igr_polnyj_gajd_po_aaa_pajplajnu (дата звернення: 06.02.2020).
- [2]. Повний цикл створення моделі персонажа для гри // Habr: [Веб-сайт]. 2017. URL: <https://habr.com/ru/post/341050/> (дата звернення: 13.02.2020).
- [3]. Створення персонажів для гри // Koloro: [Веб-сайт]. 2018. URL: <https://koloro.ru/blog/3d-tehnologii/sozдание-personazha-dlya-igry.html> (дата звернення: 15.02.2020).
- [4]. ZBrush 4 Sculpting for Games: Beginner's Guide / за ред. Manuel Scherer.: Alexdesign, 2015. 273 с.
- [5]. Введение в ZBrush 4 / под ред. Келлер Эрик.: ДМК-Пресс, 2018. 768 с.
- [6]. Полное руководство по программированию Maya. Детальное описание языка MEL и интерфейса C ++ API / под ред. Гоулд Дэвид А.Д.: Кудиц-образ, 2004. 528 с.
- [7]. Понимая Maya / за ред. Цыпцын С. Санкт-Петербург: ArtHouse Media, 2012. 700 с.
- [8]. Kratos // Artstation: [Веб-сайт]. 2019. URL: <https://www.artstation.com/artwork/ygeNO> (дата звернення: 19.02.2020).
- [9]. Nathan Drake – Uncharted 4 // Artstation: [Веб-сайт]. 2015. URL: <https://www.artstation.com/artwork/28ZyB> (дата звернення: 20.02.2020).
- [10]. Darsiders 3 – Undead Rider // Artstation: [Веб-сайт]. 2019. URL: <https://www.artstation.com/artwork/qAedZa> (дата звернення: 22.02.2020).
- [11]. 3D редакторы, плюсы и минусы // Habr: [Веб-сайт]. 2012. URL: <https://habr.com/ru/post/136350/> (дата звернення: 23.03.2020).
- [12]. 3d скульптинг 8 лучших программ для 3D моделирования // Getfab: [Веб-сайт]. 2019. URL: <https://getfab.ru/post/47743/> (дата звернення: 25.03.2020).

References

- [1]. Yak robliatsia modeli dlia AAA-ihor. Povnyi haid po AAA-Paiplainu // School-xyz: [Veb-sait]. 2020. URL: https://www.school-xyz.com/kak_delayutsya_modeli_dlya_aaa_igr_polnyj_gajd_po_aaa_pajplajnu (data zvernennia: 06.02.2020).
- [2]. Povnyi tsykl stvorennia modeli personazha dlia hry // Habr: [Veb-sait]. 2017. URL: <https://habr.com/ru/post/341050/> (data zvernennia: 13.02.2020).
- [3]. Stvorennia personazhiv dlia hry // Koloro: [Veb-sait]. 2018. URL: <https://koloro.ru/blog/3d-tehnologii/sozдание-personazha-dlya-igry.html> (data zvernennia: 15.02.2020).
- [4]. ZBrush 4 Sculpting for Games: Beginner's Guide / za red. Manuel Scherer.: Alexdesign, 2015. 273 s.
- [5]. Vvedenye v ZBrush 4 / pod red. Keller Eryk.: DMK-Press, 2018. 768 s.
- [6]. Polnoe rukovodstvo po prohrammyrovaniyu Maya. Detalnoe opysanye yazyka MEL y ynterfeisa C ++ API / pod red. Hould Devyd A.D.: Kudyts-obraz, 2004. 528 s.
- [7]. Ponymaia Maya / za red. Tsypsyn S. Sankt-Peterburh: ArtHouse Media, 2012. 700 s.
- [8]. Kratos // Artstation: [Veb-sait]. 2019. URL: <https://www.artstation.com/artwork/ygeNO> (data zvernennia: 19.02.2020).
- [9]. Nathan Drake – Uncharted 4 // Artstation: [Veb-sait]. 2015. URL: <https://www.artstation.com/artwork/28ZyB> (data zvernennia: 20.02.2020).
- [10]. Darsiders 3 – Undead Rider // Artstation: [Veb-sait]. 2019. URL: <https://www.artstation.com/artwork/qAedZa> (data zvernennia: 22.02.2020).
- [11]. 3D redaktory, pliusy y mynusy // Habr: [Veb-sait]. 2012. URL: <https://habr.com/ru/post/136350/> (data zvernennia: 23.03.2020).
- [12]. 3d skulptynh 8 luchshykh prohramm dlia 3D modelyrovaniya // Getfab: [Veb-sait]. 2019. URL: <https://getfab.ru/post/47743/> (data zvernennia: 25.03.2020).

Отримана в редакції 24.10.2022. Прийнята до друку 03.11.2022. Received 24 October 2022. Approved 03 November 2022. Available in Internet 30 December 2022.