

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
"КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ
СІКОРСЬКОГО"**

Факультет електроніки
(повна назва інституту/факультету)

Акустичних та мультимедійних електронних систем
(повна назва кафедри)

УДК 681.3.07

"До захисту допущено"

Завідувач кафедри



Сергій НАЙДА
(ініціали, прізвище)

"15" грудня 2022 р.

**Дипломна робота
на здобуття ступеня магістра**

зі спеціальності

171 Електроніка
(код і назва)

на тему:

**“Принципи та підходи реалізації шейпової анімованої
графіки при створенні сцен кіно”**

Виконала

студентка II курсу магістратури,
групи ДВ-11мп
(шифр групи)

Козак-Нечаєва Дар'я Станіславівна
(прізвище, ім'я, по батькові)



(підпис)

Керівник

к.т.н., доцент Трапезон К.О.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали)



(підпис)

Рецензент

доц. кафедри ЕПС доц., к.т.н. Михайлов С.Р.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали)



(підпис)

(підпис)

Засвідчую, що у цій дипломній
роботі немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Студент



(підпис)

Київ – 2022 року

**Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут імені І. Сікорського"**

Інститут (факультет) _____ Факультет електроніки _____

(повна назва)

Кафедра _____ Акустичних та мультимедійних електронних систем _____

(повна назва)

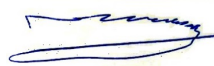
Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність _____ 171 Електроніка _____

(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри



Сергій НАЙДА

(ініціали, прізвище)

"15" грудня 2022 р.

**ЗАВДАННЯ
на дипломну роботу студенту**

Козак-Нечаєва Дар'я Станіславівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Принципи та підходи реалізації шейпової анімованої графіки при створенні сцен кіно

керівник роботи кандидат наук, доцент Трапезон Кирило Олександрович,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від "08" листопада 2022 р. №4092-с

2. Термін подання студентом роботи _____ 01 грудня 2022 р. _____

3. Вихідні дані до роботи Дослідження шейпової анімованої графіки, технологій створення та застосування спецефектів, розгляд застосування анімації у сучасному кіно та наведення прикладів створення

4. Зміст роботи Аналіз способів утворення та використання комп'ютерних ефектів у кінематографі, розгляд прикладів застосування у реальних умовах та наведення їх протоколів та стандартів

5. Перелік ілюстративного матеріалу (із зазначенням плакатів, презентацій тощо) презентація з наведеними результатами аналізу, приклади застосування спецефектів

6. Консультанти розділів роботи*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 03 вересня 2022 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Написання першого розділу	20.09.2022	виконано
2	Написання другого розділу	15.10.2022	виконано
3	Написання третього розділу	15.11.2022	виконано
4	Підготовка матеріалів до друку та оформлення пояснювальної записки	23.11.2022	виконано
5	Підготовка та оформлення презентації для доповіді	08.12.2022	виконано

Студент


(підпис)

Д.С. Козак-Нечаєва
(ініціали, прізвище)

Керівник роботи


(підпис)

К.О. Трапезон
(ініціали, прізвище)

* Консультантом не може бути зазначено керівника дипломної роботи.

РЕФЕРАТ

Козак-Нечаєва Д.С. «Принципи та підходи реалізації шейпової анімованої графіки при створенні сцен кіно»: магістерська дис. : 171 Електроніка / Козав-Нечаєва Дар'я Станіславівна. - Київ, 2022. - 77 с.

Магістерська дисертація: 77 с., 36 рис., 0 табл., 1 дод., 12 джерел.

Ключові слова: кінематограф, візуалізація, візуалізація даних, моделювання.

Актуальність дослідження. Анімація у сучасному світі є невід'ємною частиною не тільки для створення мультиплікації, але й у кіновиробництві. Більшість кіно зараз наповнені спецефектами, анімацією та моделюванням нових персонажів на комп'ютері. Ці технології розвиваються невпинно, і кожному, хто хоче поринути у цей світ анімації потрібно постійно розвиватися, щоб залишатися затребуваним спеціалістом.

Мета дослідження полягає в аналізі методів створення анімацій та створенні анімації за технологією Blendshapes у програмі Blender.

Завдання для досягнення мети: проаналізувати історію анімації; методи та принципи створення анімації; дослідити моделювання шейпів у програмі Blender та проаналізувати методи моделювання облич у програмі для створення анімацій; розробити анімацію об'єкта з використанням шейпів; на основі досліджень розробити стартап зі створення графічної станції для анімації.

Об'єктом дослідження є анімація для сучасного кінематографу у програмі Blender.

Предмет дослідження: методи та технології створення шейпової анімації у програмі Blender.

Методи дослідження: методи та технології Blendshapes для створення шейпової анімації для кінематографу, алгоритми створення анімацій обличчя та створення шейпової анімації у програмі Blender.

Наукова новизна отриманих результатів: 1) досліджено та визначено моделі та алгоритми створення шейпової анімації; 2) розроблено методику

створення автономної графічної станції з використанням акумуляторів; 3) досліджено створення анімації обличь за допомогою технології Blendshapes

Практичне значення одержаних результатів: результати роботи можуть бути використані для створення автономного офісу або домашньої робочої станції, для роботи з потужними графічними матеріалам в умовах відсутності електроенергії.

ABSTRACT

Master's Thesis: 77 p., 36 fig., 1 supplement, 12 sources.

Keywords: cinematography, visualization, data visualization, modeling.

Relevance of research. Animation in the modern world is an integral part of creating animation and film production. Most movies are now filled with special effects, animation, and modeling of new characters on the computer. These technologies are constantly developing, and everyone who wants to plunge into this world of animation needs to constantly develop to remain a sought-after specialist.

The purpose of the study is to analyze the methods of creating animations and creating animations using Blendshapes technology in Blender.

Objectives to achieve the goal: to analyze the history of animation; methods and principles of creating animation; to study the modeling of shapes in the Blender program and analyze the methods of modeling faces in the program for creating animations; to develop an animation of an object using shapes; based on research to develop a startup to create a graphic station for animation.

Objectives to achieve the goal: animation for modern cinema in Blender.

Subject of study: methods and technologies for creating shape animation in Blender.

Research methods: methods and technologies of Blendshapes for creating shape animation for cinema, algorithms for creating face animations and creating shape animation in Blender.

Scientific novelty of the obtained results: 1) investigated and defined models and algorithms for creating shape animation; 2) developed a methodology for creating an autonomous graphics station using batteries; 3) investigated the creation of face animation using Blendshapes technology

The practical implications of the findings: the results of the work can be used to create an autonomous office or home workstation, to work with powerful graphic materials in the absence of electricity.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень і скорочень.....	7
Вступ.....	7
1 ІСТОРІЯ ВИНИКНЕННЯ АНІМАЦІЇ ТА ЇЇ РОЗВИТОК	8
1.1 Поняття анімації, історія анімації.....	8
1.2 Види анімацій та їх особливості	17
1.2.1 Проста анімація з об'єктами	19
1.2.2 Покадрова анімація	20
1.2.3 Опис 12 принципів анімації (Волт Дісней) Frank Thomas	22
ВИСНОВКИ ДО 1 РОЗДІЛУ	30
2 ПОНЯТТЯ ШЕЙПОВОЇ АНІМАЦІЇ.....	31
2.1 Визначення шару об'єкту, основні типи. Особливості створення форм на основі векторних шарів	31
2.2 Способи створення шейпового шару	31
2.3 Анімація шейпів на основі модифікаторів	32
ВИСНОВКИ ДО 2 РОЗДІЛУ	33
3. СТВОРЕННЯ ВІЗУАЛЬНОГО ЕФЕКТУ В ПРОГРАМІ Blender	34
3.1 Моделювання та анімація об'єкту на основі інструмента Shape Keys	34
3.1.1 Моделювання основної фігури ялинки.....	34
3.1.2 Створення частинок	36
3.1.3 Прототип частинки	37
3.1.4 Додаємо зірку на ялинку	39
3.1.5 Додавання текстур	40
3.2 Дослідження різних режимів шейпу фігури ялинки	42
3.3 Практика і теорія Blendshapes-моделей на прикладі анімації обличчя	45
3.3.1 Принцип роботи Blendshapes	45

3.3.2 Алгоритми роботи Blendshapes	48
3.3.3. Проміжні форми	50
3.3.4. Комбіновані Blendshapes	51
3.3.5. Гібридні налаштування	52
3.3.6 Побудова Blendshapes	52
3.3.7 Анімація та методи взаємодії	53
ВИСНОВКИ ДО 3 РОЗДІЛУ	57
4 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЄКТУ	58
4.1 Опис проекту, призначення	58
4.1.1 Опис існуючих рішень та їх обмеження. Конкуренти	58
4.1.2 Розв’язок проблеми	59
4.2 Ринок продукту	59
4.3 Бізнес модель “Канвас”. Можливі прибутки	59
4.4 Маркетинг. Сильні та слабкі сторони продукту	60
4.5 Прогнозування розвитку проєкту	61
4.6 Ціннісна пропозиція	61
4.7 План реалізації стартапу	61
ВИСНОВКИ ДО 4 РОЗДІЛУ	62
ВИСНОВКИ	63
Перелік джерел посилання	658
ДОДАТОК А	679
SUMMARY	680

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ

- Blendshape — це лінійні моделі обличчя, в яких окремі базисні вектори не є ортогональними, а натомість представляють окремі вирази обличчя;
- Бленд-мішені — спеціальні індикатори, що захоплюють рух актора під час зйомок для подальшого редагування у програмах;
- Стоп-моушн — вид покадрової анімації, у якому використовуються фотографії, та об'єкти, що змінюють своє положення перед кожним наступним кадром;
- Шейпи — об'єкти, що створюються у програмах для анімації, які редагуються і тим самим створюють об'єкт та його рух;
- Модифікація — зміна положення об'єкту або його деформація за певним програмним алгоритмом.

ВСТУП

Анімація – необхідна річ для створення якісної кінопродукції та мультфільмів в сучасну епоху. Комп'ютерне тривимірне моделювання, анімація і графіка в цілому не знищують в людині справжнього творця, а дозволяють йому звільнити творчу думку від фізичних зусиль, максимально налаштувавшись на плід свого творіння. Звичайно, поки що неможливо займатися анімацією без певних навичок, але технологія не стоїть на місці і, можливо, в недалекому майбутньому творіння людини буде залежати тільки від його думки.

Актуальність роботи полягає в аналізі можливостей застосувань анімації для створення аудіо-візуального контенту з метою розширення можливостей створення контенту.

Метою роботи є аналіз методу Blendshapes для створення контенту для кіноанімації.

Методом дослідження є теоретичний аналіз анімації, методів створення анімації методом Blendshapes та розробка стартап-проєкту графічної станції

Об'єктом дослідження є метод анімації шейпів у програмі Blender методом Blendshapes.

Новизна роботи полягає у запропонованому стартапі, який спрощує роботу спеціалістам та новачкам в умовах блекауту в Україні.

Практична цінність полягає в тому, що результати, отримані в ході виконання досліджень, можуть бути використані для проєктування графічної станції та розрахунок необхідної потужності комплектуючих.

1 ІСТОРІЯ ВИНИКНЕННЯ АНІМАЦІЇ ТА ЇЇ РОЗВИТОК

1.1 Поняття анімації, історія анімації

Анімація – це процес оживлення ілюстрацій або неживих об'єктів за допомогою рухомих зображень. Техніки анімації використовують фотографії та малюнки, щоб створити ілюзію руху та представити розповідь глядачам на екрані. Дехто вважає ранню грецьку кераміку ранньою формою анімації, зображуючи сцени руху та виразів вздовж її поверхні, подібно до коміксів [1].

Теорія анімаційного мультфільму випередила винахід кінематографа на півстоліття. Перші експериментатори, працюючи над створенням розмовних п'єс для вікторіанських салонів або нових сенсацій для гастролуючих шоу чарівних ліхтарів, які були популярним видом розваг, відкрили принцип персистенції зору.

Якщо малюнки етапів дії показувати у швидкій послідовності, то людське око сприйматиме їх як безперервний рух. Одним з перших комерційно успішних пристроїв, винайдених бельгійцем Жозефом Плато в 1832 році, був фенакістоскоп – обертовий картонний диск, який створював ілюзію руху при погляді в дзеркало (рис.1.1).

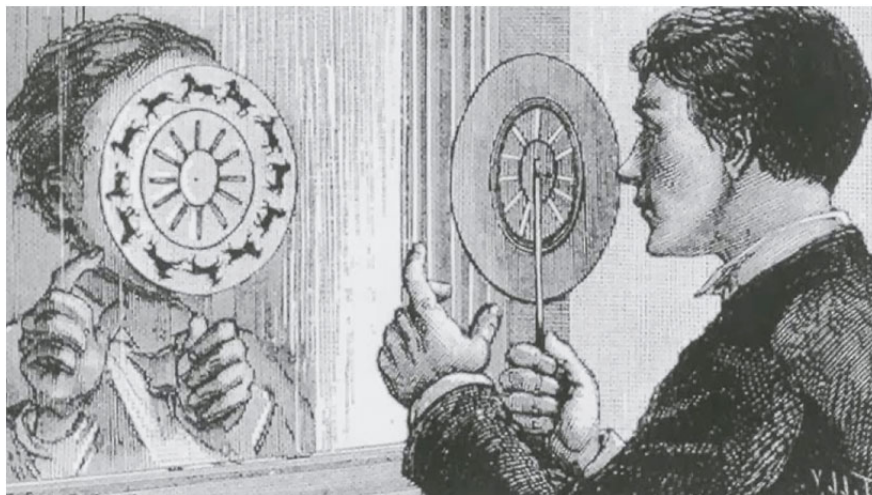


Рисунок 1.1 – Принцип роботи фенакістоскопу

У 1834 році Вільям Джордж Хорнер винайшов зоотроп – обертовий барабан, обклеєний стрічкою з картинками, які можна було змінювати. Потім, на

його основі, Француз Еміль Рейно у 1876 році адаптував цей принцип до форми, яку можна було проектувати перед театральною аудиторією.

Історія анімації розпочалася 20 липня 1887 року у Франції. Інженер-самоучка Шарль-Еміль Рейно створив і презентував перший праксиноскоп (рис.1.2). 28 жовтня 1892 року він продемонстрував перший анімаційний фільм "Бідний П'єро" у Музеї Гревіна в Парижі. Цей фільм також відомий як перший відомий випадок використання перфорації плівки. Рейно став не тільки першим підприємцем у сфері анімації, але й першим художником, який надав індивідуальність і теплоту своїм анімаційним персонажам, завдяки розписаним вручну стрічкам целулоїду, що передавалися за допомогою системи дзеркал на театральний екран [2].



Рисунок 1.2 – Принцип роботи праксиноскопу

Найпершим з видів анімації також вважають кінеограф – книгу. У якої на кожній сторінці намальовані картинки, які при перелистуванні утворюють анімаційну сценку. Іноді припускають, що відносно проста перекидна книга існувала задовго до винаходу більш складних анімаційних пристроїв дев'ятнадцятого століття, таких як фенакістископ (1832 р.) і зоотроп (1866 р.), але переконливих доказів цьому не було знайдено.

Існують деякі середньовічні ілюміновані книги з послідовними зображеннями, такі як Сігено (близько 1470 р.). Ілюстрації в Сігено послідовно

обрамлені і мають короткі інтервали між різними фазами дії, але зображення не можуть створювати ілюзію плавного руху [2].

Найстаріша відома документація про кінеограф з'явилася 18 березня 1868 року, коли вона була запатентована Джоном Барнсом Ліннетом під назвою Kineograph ("рухома картина"). Це була перша форма анімації, яка використовувала лінійну послідовність зображень, а не кругову (як у старому фенакістоскопі). Німецький піонер кінематографа Макс Складановський вперше продемонстрував свої серійні фотографічні зображення у формі перекидної книги у 1894 році, оскільки він та його брат Еміль не розробили власний кінопроектор до наступного року. У 1894 році Герман Каслер винайшов механізовану форму перекидної книги під назвою "Мутоскоп", в якій сторінки кріпилися на центральному циліндрі, що обертався, а не скріплювалися в книгу. Мутоскоп залишався популярним атракціоном до середини XX століття, з'являючись як монетоприймачі в ігрових автоматах і парках розваг. У 1897 році англійський кінорежисер Генрі Вільям Шорт випустив на ринок свій "Філософ", який представляв собою перекидну книгу, поміщену в металевий тримач для полегшення перегортання.

З винаходом кіноплівки із зірочками анімація була готова до великого стрибка вперед. Хоча "першопрохідці" будь-якого роду ніколи не бувають легкими, першим аніматором, який працював з кіноплівкою, вважається Дж. Стюарт Блектон, чий "Гумористичні фази смішних облич" у 1906 році започаткували успішну серію анімаційних фільмів для новаторської нью-йоркської компанії "Вітаграф". Пізніше того ж року Блектон також експериментував з технікою стоп-моушн – коли об'єкти фотографуються, потім переставляються і знову фотографуються – для свого короткометражного фільму "Готель з привидами".

Початок 20-го століття знаменує собою початок театральних показів мультфільмів, особливо в Сполучених Штатах і Франції. Багато аніматорів створюють студії, найуспішнішою з яких стала нью-йоркська студія Bray Studios.

Брей допоміг розпочати кар'єру мультиплікаторів, які створили Могутню Мишку, Бетті Буп та Вуді Вудпекера [2].

Єдиним великим винятком серед цих ранніх ілюстраторів-аніматорів був Вінзор Маккей. Маккей створив розфарбований вручну короткометражний фільм про Маленького Немо для використання під час свого водевілю в 1911 році, але саме динозаврик Герті, створений для туру Маккея в 1914 році, перетворив мистецтво на справжню революцію. Чудова майстерність Маккея, плавне відчуття руху і велике відчуття характеру подарували глядачам анімовану істоту, яка, здавалося, мала особистість, була присутня і жила власним життям. Так народилася перша зірка мультиплікації. Під час подорожі на авто, Вінзор Мак-Кей та Джордж Мак-Манус відвідують Музей природної історії та укладають парі, що Вінзор зможе оживити динозавра на папері. За шість місяців Мак-Кей переносить на плівку десять тисяч малюнків [3].

Маккей зняв ще кілька надзвичайних фільмів, в тому числі відтворив "Потоплення "Лузитанії" (1918), але продовжити відкриття Маккея було доручено Пету Саллівану. Австралійський мультиплікатор, який відкрив студію в Нью-Йорку, Салліван визнав великий талант молодого аніматора Отто Мессмера, один з випадково вигаданих персонажів якого, хитрий чорний кіт на ім'я Фелікс – став зіркою серії надзвичайно популярних односерійних роликів. Створений Мессмером для максимальної гнучкості та виразності обличчя, круглоголовий, великоокий Фелікс швидко став стандартною моделлю для мультиплікаційних персонажів: гумовий м'ячик на ніжках, який вимагав мінімум зусиль для малювання і який можна було тримати в постійному русі.

Цей урок не залишився непоміченим молодим Уолтом Діснеєм, який тоді працював на своїй студії Laugh-O-gram Films в Канзас-Сіті, штат Міссурі. Його перший головний герой, кролик Освальд, був прямим запозиченням Фелікса; коли той втратив права на персонажа в суперечці зі своїм дистриб'ютором, Дісней просто модифікував вуха Освальда і випустив Міккі Мауса.

Набагато більш революційним було рішення Діснея створити мультфільм з новинкою синхронізованого звуку. Пароплав Віллі (1928), третій фільм про Міккі,

взяв країну штурмом. Відсутній елемент – звук, був доданий до анімації, що зробило ілюзію життя набагато повнішою, набагато чарівнішою. Пізніше Дісней додасть ретельно синхронізовану музику ("Танець скелета", 1929), трисмуговий технічний колір ("Квіти і дерева", 1932) та ілюзію глибини за допомогою своєї багатопланової камери ("Старий млин", 1937). З кожним кроком Дісней, здавалося, наближався до досконалого натуралізму, живописного реалізму, що нагадував академічні картини 19 століття. Постійним технічним майстром Діснея був Уб Іверкс, друг дитинства, який поїхав за Діснеєм до Голлівуду і зіграв важливу роль у створенні багатоплощинної камери та методів синхронізації, завдяки яким мультфільми про Міккі Мауса та серія "Дурнуваті симфонії" здаються такими міцними та повнорозмірними [4].

Для Діснея завершальним кроком став, звичайно, фільм "Білосніжка та семеро гномів" (1937). Хоча це був не перший анімаційний фільм, він був першим, в якому були використані найсучасніші технології, і першим, який отримав широкий прокат в голлівудському стилі. Замість того, щоб розважати свою аудиторію розмовляючими мишами та співаючими коровами, Дісней був сповнений рішучості дати їм настільки глибокий драматичний досвід, наскільки це дозволило б середовище; він звернувся до власного неспокоїного дитинства, щоб інтерпретувати цю багату казку про батьківську покинутість, суперництво братів і сестер та навалу дорослої пристрасті.

З його зростаючим наполяганням на фотографічному реалізмі у таких фільмах, як "Піноккіо" (1940), "Фантазія" (1940), "Дамбо" (1941) та "Бембі" (1942), Дісней, здавалося, збочено намагався вивести себе з бізнесу, занадто добре імітуючи життя. Це була не та спокуса, на яку пішли головні конкуренти Діснея в 1930-х роках, кожен з яких спеціалізувався на своєму власному стилізованому хаосі.

Макс і Дейв Флейшер стали успішними нью-йоркськими аніматорами, коли Дісней ще жив у Канзас-Сіті, штат Міссурі. Флейшери винайшли процес ротоскопіювання, який використовується і сьогодні, в якому смужка відзнятого в реальному часі матеріалу може бути відстежена і перемальована у вигляді

мультфільму. Флейшери використовували цю техніку у своєму новаторському серіалі "З чорнильниці" (1919-29). Саме цю серію, з її живою взаємодією між людськими та мальованими фігурами, намагався наслідувати Дісней у своїх ранніх мультфільмах про Алісу.

Але якщо Дісней був Матір'ю Гуско і Норманом Роквеллом, то Флейшери (Макс - продюсер, Дейв - режисер) були роялем і червоним віскі. Їхні надзвичайно урбаністичні, переповнені та часто кошмарні роботи – з пишною співачкою факелів Бетті Буп та її двома дивно інфантильними колегами, собачкою Бімбо та клоуном Коко – прокладають звивистий маршрут через американську підсвідомість 1920-х та 30-х років, перш ніж зануритися в діснеївську милість у фільмах "Мандри Гуллівера" (1939) та "Містер Жук їде до міста" (1941, також випущений під назвою "Поспішайко їде до міста"). Основним продуктом студії залишався відносно безликий серіал "Папай", заснований на коміксах Елзі Сегара. Любитель шпинату моряк був представлений як гравець другого плану в мультфільмі Бетті Буп "Моряк Папай" (1933) і швидко зійшов на вершину слави, витримавши 105 епізодів до короткометражки 1942 року "Дитина хоче пляшковий корабель", коли студія Fleischer розпалася, а права на персонажа перейшли до Famous Studios.

Менш гострими, ніж "Флейшери", але такими ж анархічними були анімації, вироблені мультиплікаційною студією Warner Bros., відомою своїм мешканцям під назвою "Термітова тераса". Студія була заснована трьома ветеранами Діснея, Рудольфом Айзінгом, Г'ю Гармоном та Фрізом Фреленгом, але не виявила своєї ідентичності, поки Текс Ейвері, втікши зі студії Волтера Ланца на студії Universal, не приєднався до команди в якості режисера. Ейвері був молодий і нешанобливий, і він швидко розпізнав талант штатних художників, таких як Чак Джонс, Боб Клампетт і Боб Кеннон. Разом вони принесли новий вид швидкості і гостроти в продукцію Warners, починаючи з "Золотошукачів 49-го року" (1936). З приєднанням режисера Френка Ташліна, музичного керівника Карла В. Сталлінга та перекладача Мела Бланка команда була готова створити новий тип мультиплікаційного персонажа: цинічного, дотепного і часто жорстокого, який,

вдосконалений через серію мультфільмів, нарешті з'явився як Багз Банні у фільмі Текса Ейвері "Дикий заєць" (1940 р.). З'явилися й інші персонажі, деякі вигадані, а деякі переосмислені, в тому числі Даффі Дак, Поркі Піг, Твіті і Сильвестр, Пеппе Лепью, Фогхорн Легхорн, Роуд Раннер і Вайл Е. Койот. Ейвері покинув Warner Brothers і в 1942 році приєднався до занепаłego анімаційного підрозділу Metro-Goldwyn-Mayer, де його робота стала ще більш дикою в таких фільмах, як "Червона Шапочка" (1943) і "Невезучий чорношкірий" (1949).

Східна Європа також стала центром лялькової анімації, значною мірою завдяки милій, захоплюючій, фольклорній роботі Їржі Трнкі. Заснований на казці Ганса Крістіана Андерсена, "Імператорський соловейко" Трнкі здобув міжнародний успіх, коли був озвучений Борисом Карловим і випущений на екрани в 1948 році. Його подальші роботи включали амбітні екранізації "Доброго солдата Швейка" (1954) та "Сну літньої ночі" (1959).

Джордж Пал народився в Угорщині, працював аніматором у Берліні, Празі, Парижі та Нідерландах, а потім емігрував до Сполучених Штатів у 1939 році. Там він уклав контракт з Paramount Pictures на виробництво серії Puppertoons, можливо, найпопулярнішої та найдосконалішої лялькової анімації, створеної в Сполучених Штатах. Відданий майстер, Пал виготовив до 9000 модельних фігурок для таких фільмів, як "Тюльпани будуть рости", його антинацистська алегорія 1942 року. У 1947 році Пал залишив анімацію заради виробництва художніх фільмів, хоча в таких фільмах, як "Війна світів" (1953), він продовжував включати складні анімаційні послідовності спецефектів.

Аніматори в Чехословаччині та інших країнах вивели лялькову техніку на набагато темніші вулиці. Ян Шванкмайєр, наприклад, прийшов в анімацію з експериментального театрального руху Праги. Його роботи поєднують людські фігури та стоп-моушн анімацію для створення тривожно-плотських медитацій на тему сексуальності та смертності, таких як короткометражний фільм "Виміри діалогу" (1982) та повнометражні фільми "Аліса" (1988), "Фауст" (1994) і "Змовники насолоди" (1996). Найвідданіші учні Шванкмайєра – брати Куей, Стівен і Тімоті, однайцеві близнюки, народжені у Філадельфії, які переїхали до

Лондона, щоб створити серію ретельних лялькових анімацій, занурених в атмосферу та іронічний фаталізм Східної Європи. Їхня "Вулиця крокодилів" (1986), що побічно базується на оповіданнях Бруно Шульца, є притчею незрозумілого походження, в якій маріонетка звільняється від своїх ниток, але залишається поневоленою химерними сексуальними імпульсами.

Нік Парк, творець серії "Воллес і Громіт", є оптимістичною відповіддю братам Куей - аніматором стоп-моушн, який створює симпатичних персонажів і затишне середовище, що оспівує безпеку і благодущність провінційного англійського життя. Він та його колеги з британської компанії Aardman Animations, серед яких засновники Пітер Лорд та Дейв Спрокстон, підняли традиційно орієнтований на дітей формат глиняної анімації на нові висоти витонченості та виразності.

Більш традиційні форми лінійної анімації продовжували створюватися в Європі такими режисерами, як француз Поль Грімо ("Король і птах", розпочатий у 1948 році і випущений у 1980 році), італієць Бруно Боццетто (чий фільм "Аллегро нон троппо" 1976 року широко пародіював "Фантазію"), а також британці Джон Халас і Джой Батчелор ("Ферма тварин", 1955) і Річард Вільямс ("Лахмітник Енн і Енді", 1977). У фільмі Джорджа Даннінга "Жовтий підводний човен" (1968) творчо використано візуальні мотиви психоделічної епохи, заманюючи молодих людей назад у середовище, яке здебільшого було притаманне дітям [5].

Жертва зростаючих виробничих витрат, повнометражна анімація, здавалося, відмирала, поки дві події не дали їй несподіваний поштовх у 1980-х роках. Першим було відкриття компанії Дісней, що застарілий кіномюзикл можна відродити і зробити приємним для сучасної аудиторії, адаптувавши його до мультиплікаційної форми ("Русалонька", 1989); другим був розвиток технології комп'ютерної анімації, що значно зменшило витрати і водночас забезпечило нові форми виразності. Хоча більшість сучасних анімаційних фільмів більшою чи меншою мірою використовують комп'ютерні технології, найкращими, найчистішими досягненнями в цьому жанрі є роботи Джона Лассетера, чия

анімаційна студія Ріхар пройшла шлях від експериментальних короткометражок, таких як "Луксор-молодший" (1986), до розкішних повнометражних фільмів, таких як "Історія іграшок" (1995; перший повністю комп'ютерно анімаційний повнометражний фільм), "Життя жука" (1998), "У пошуках Немо" (2003), "Суперсімейка" (2004), "ВОЛЛ-І" (2008) та "Вгору" (2009). Комп'ютерні технології широко застосовуються в традиційній лінійній анімації, надаючи таким фільмам, як "Мулан" (1998) студії Діснея та "Дорога до Ельдорадо" (2000) студії Дрімворкс, візуального розмаху та об'ємності, які в іншому випадку вимагали б незліченних годин ручної праці.

Через століття після свого народження анімація продовжує розвиватися. Найбільш захоплюючі події відбуваються на двох різних фронтах: аніме ("мультиплікація") в Японії і телевізійні мультфільми в прайм-тайм у Сполучених Штатах. Нащадок щільного, новелістичного стилю японських коміксів манга і техніки скорочення часу, розробленої для телевізійного виробництва в 1960 році, аніме, такі як "Принцеса Мононоке" Міядзакі Хаяо (1997), є сучасним еквівалентом епічних народних пригод, колись знятих Мізогуті Кендзі ("47 ронінів", 1941) і Куросавою Акірою ("Йодзімбо", 1961; "Охоронець"). Фільм "Ідеальний блакитний" (1997) Кон Сатоші нагадує ранні японські фільми "нової хвилі" режисера Осіми Нагіси з його жорстоким дослідженням пошкодженої медіа особистості [4].

Американська телевізійна анімація, започаткована у 1950-х роках Вільямом Ханною та Джозефом Барберою ("Ведмедик Йог", "Флінстоуни"), довгі роки була синонімом примітивної техніки та недбалого письма. Але з дебютом "Сімпсонів" у 1989 році телевізійна анімація стала домівкою для своєрідного в'їдливого соціального коментаря або відвертого абсурду ("Рен і Стимпі" Джона Крікфалузі), який був занадто гостро агресивним для реалізму живої дії. Коли "Бівіс і Батхед" Майка Джаджа дебютував на каналі MTV у 1993 році, рок-музичний кабельний канал виявив, що мультфільми можуть розсунути межі цензури так, як жодна телевізійна продукція не може. Після успіху "Судді" у 1997 році Трей Паркер і Метт Стоун створили "Південний парк" - серіал про нецензурну лайку дітей, які

ростуть на американському Середньому Заході, виконаний у стилі плоскої, вирізаної анімації, яка виглядала б примітивною у 1906 році. Духовним батьком нової телевізійної анімації є Джей Уорд, чий фільм "Роккі та його друзі", вперше показаний у 1959 році, перетворив застарілий телевізійний стиль на засіб абсурдистського гумору і сатири для дорослих.

Незважаючи на ці досягнення, що розширюють межі, повнометражні традиційні анімаційні фільми продовжують випускатися, зокрема, Доном Блутом ("Американська казка", 1986), дисидентом Діснея, який переніс свою діяльність до Ірландії, і Бредом Бердом, ветераном мінімалізму "Сімпсонів", який перейшов до вражаючої повнометражної техніки в "Залізному гіганті" (1999). Оскільки цифрові технології обробки зображень продовжують покращувати свою якість і доступність, стає все важче провести чітку межу між живою дією і анімацією. Такі фільми, як "Матриця" (1999), "Зоряні війни: Епізод перший" (1999) і "Гладіатор" (2000), включають в себе фони, послідовності дій і навіть головних героїв, задуманих ілюстраторами і втілених в життя за допомогою технологій. Такі технології є не меншим витвором мистецтва аніматора, ніж Герті, Бетті Буп та Багз Банні [5].

1.2 Види анімацій та їх особливості

Існує багато різних видів анімації, але більшість з них поділяються на п'ять основних категорій. Кожна з них має свої переваги та недоліки в залежності від того, як художник вважає за краще творити. Знання різних видів анімації може допомогти художникам у виборі кар'єри в анімації. Категорії анімації [6]:

- Традиційна анімація;
- 2D Анімація;
- 3D Анімація;
- Моушн-Графіка;
- Стоп-моушн.

Традиційна анімація. Традиційна анімація може також називатися клітинною анімацією. Цей тип анімації вимагає, щоб аніматор малював кожен окремий кадр вручну для створення анімованої сцени. Зазвичай це робиться на світлому столі, який дозволяє художникам бачити попередній малюнок через верхній шар паперу. Такі відомі компанії, як Дісней, відомі тим, що використовують цей тип анімації. Традиційна анімація все ще робиться сьогодні на комп'ютерах зі спеціальними планшетами.

2D-Анімація. 2D-анімація відноситься до векторної анімації, подібної до тієї, що використовується у Flash. Цей стиль анімації набуває все більшої популярності, оскільки технологія настільки доступна. Хоча художники мають можливість редагувати кадр за кадром, векторна анімація дає художнику можливість створювати установки для персонажів і переміщати окремі частини тіла за один раз, а не постійно перемальовувати персонажів. Це дає більшу гнучкість початківцям в анімації, оскільки їм не потрібно так сильно покладатися на навички малювання.

3D-анімація. 3D-анімація також відома як комп'ютерна анімація і в даний час є найбільш часто використовуваною формою анімації. Процес 3D-анімації дуже відрізняється від традиційного стилю, але вони обидва вимагають від художника однакових принципів руху та композиції в анімації. 3D-анімація має менше спільного з малюванням і більше з переміщенням персонажа в програмі. Національний науковий фонд підкреслює, наскільки сильно 3D-аніматори повинні покладатися на фізику для створення реалістичної анімації. Аніматор створює ключові кадри або певні рухи і дозволяє комп'ютеру заповнити решту.

Моушн-графіка. На відміну від раніше згаданих видів анімації, моушн-графіка не керується персонажами або сюжетними лініями. Цей вид мистецтва фокусується на здатності переміщати графічні елементи, фігури та текст. Цей процес зазвичай використовується для таких речей, як телевізійні рекламні ролики, пояснювальні відеоролики та анімовані логотипи. Набір навичок, необхідний для інших видів анімації, не застосовується до графіки руху, оскільки

немає необхідності імітувати рухи тіла або вираз обличчя. Рекламу в значній мірі покладається на анімаційну графіку і представляє безліч кар'єрних можливостей

Стоп-моушн. Анімація стоп-моушн дуже схожа на традиційну анімацію, оскільки поєднує в собі серію нерухомих зображень, які дещо відрізняються, щоб показати рух. Найбільша відмінність полягає в тому, що стоп-моушн використовує фотографію і захоплює реальні об'єкти. За допомогою стоп-моушн художники фотографують об'єкт або сцену і злегка переміщують об'єкти перед тим, як зробити ще одну фотографію. Художник повторює цей процес, поки сцена не буде завершена, і використовує кожен фотографію як кадр в анімації. Це схоже на фліпбук з фотографіями [6].

Анімація стоп-моушн є органічною і природно привабливою, але вона є трудомісткою і може зайняти дуже багато часу і навичок для виконання. Традиційна анімація може бути чудовим варіантом для художників, які хочуть мати повну творчу свободу, але вона також вимагає дуже високого рівня майстерності, і її швидко витісняє 3D-анімація. Незалежно від того, який вид анімації обрано, художник повинен враховувати переваги та недоліки кожного з них, щоб обрати той, який найкраще йому підходить.

1.2.1 Проста анімація з об'єктами

Проста анімація з об'єктами – це комп'ютерна переважно 2D анімація, для створення невеликих роликів та реклами, мультфільмів або демонстрації нових функцій у застосунках. Анімована графіка може візуально проілюструвати складні ідеї, за допомогою протих інструментів та фантазії.

Для простих анімацій об'єктів використовують програмне забезпечення та принципи шейпової анімації.

Шейпова анімація. Анімація – це зміна у часі. Анімація шару або ефекту на шарі здійснюється шляхом зміни однієї або кількох його властивостей у часі. Наприклад, властивість «Непрозорість» (Opacity) шару можна анімувати від 0% у нульовий момент часу до 100% у момент часу 1 секунди, щоб зробити шар більш

прозорим. Будь-яку властивість із кнопкою секундоміра ліворуч від її назви на панелі Монтажного столу або панелі Елементів керування ефектами можна анімувати. Шейпова анімація – це анімація векторних об'єктів за допомогою їх зміни у часі. За допомогою ключових кадрів відбувається деформація вектору, і так створюються рухомі об'єкти, які потім перетворюються у історію.

1.2.2 Покадрова анімація

Оригінальна назва покадрової анімації – Stop motion, який вказує, що ця анімаційна техніка відтворена за допомогою просто «руху» об'єкту між «зупинками» шляхом маніпуляцій з об'єктом або елементами у кадрі. Що дрібніші зміни в сусідніх кадрах, тим плавніше буде перехід за послідовного перегляду цих кадрів.

Саме через це, покадрова анімація така складна у виконанні. Для однієї секунди анімації потрібно відзняти 24 кадри, а отже – 24 кадри переставити, закріпити, освітити і відзняти. Покадрова анімація буває двовимірною й тривимірною, і створюється різними способами: малюнок на папері, пластилінові фігурки, вирізані двовимірні елементи, маріонетки, або палюнок піском на склі.

Двовимірна 2D покадрова анімація. Є багато способів створення покадрової двовимірної анімації, але в кожному з них використовується принцип поступового руху, який аніматор зображує і записує, перетворюючи на послідовність кадрів. Зупинимось на тому, що найчастіше асоціюється з покадровою анімацією – традиційній, мальованій анімації. Тобто, де кожен кадр малюється вручну.

У часи, коли ще не було комп'ютерів, аніматори малювали один кадр на великому аркуші паперу, а потім перегортали сторінку вгору і вниз, поки малювали друге зображення (перегортання сторінки допомагало їм оцінити рух). Потім змивали і повторювали процес, поки вся сцена не була завершена. Сьогодні ми можемо інтегрувати цей процес у комп'ютер, де все ще малюється кожне зображення вручну, але в цифровому форматі. Якщо ви бачите анімаційний

двовимірний (2D) фільм, у дев'яти випадках з десяти, це буде покадрова анімація, намальована вручну. Деякі приклади - будь-який 2D-анімаційний фільм про принцес Діснея, дитячі шоу, такі як "Артур", і рекламні ролики, такі як всі найкращі рекламні ролики John Lewis. Ця анімація використовується і досі, оскільки дає більше свободи аніматору, оскільки він може відтворити будь-що.

2D покадрова анімація зараз – це процес ручного малювання кадрів за допомогою спеціального програмного забезпечення, такого як Adobe Photoshop. Художники 2D-анімації малюють різні кадри, а потім накладають шари кадр за кадром з високою частотою кадрів. Навички малювання мають вирішальне значення для роботи 2D-аніматора.

Тривимірна 3D покадрова анімація. Ця техніка дозволяє створювати, змінювати й знімати тривимірні форми. Процес важкий, але результати дає неперевершені – кожен кадр можна відтворити яітко за задумкою режисера. Різноманітні додаткові елементи можуть бути створені із різних матеріалів, щоб реалістичніше відтворити сцену.

Для тривимірної анімації потрібна ретельна підготовка, з покадровою анімацією стикалася кожна людина, знайома з сучасними медіа-продуктами (фільми, рекламні ролики, гіфки, відеоролики на YouTube). Багато хто звик думати, що анімація - це цифрове зображення, яке привели в рух за допомогою чарівних інструментів спеціального програмного забезпечення. Насправді ж, цей процес набагато складніший і цікавіший. До того ж, покадрова анімація - це ефективний бізнес-інструмент. Процес покадрової 3D-анімації нагадує управління ляльками. Зазвичай художник-аніматор отримує змодельований персонаж або об'єкт, який потрібно переставляти в різні позиції і накладати кадр за кадром. Саме тому від 3D аніматора не вимагається сильних навичок малювання.

Техніки покадрової анімації. Різні цілі та галузі анімації вимагають використання різних технік для її створення. Так, існує п'ять основних методів створення таймлапс анімації, якими користуються професійні художники-аніматори.

Традиційна анімація. Цей вид анімації ще називають мальованою анімацією. Простіше кажучи, це 2D анімація, в якій художник малює від руки кожен кадр майбутньої сцени і накладає їх.

Цифрова анімація. Метод цифрової анімації передбачає створення сцени з декількох кадрів за допомогою спеціального програмного забезпечення замість малюнків від руки. Таким чином, процес покадрової анімації можна прискорити і спростити, а різниця між кадрами буде майже не помітна.

Стоп-моушн анімація. Суть методу стоп-моушн анімації полягає в тому, щоб анімувати об'єкти в кадрі крок за кроком, переставляючи речі так, щоб здавалося, що вони рухаються в режимі сповільненої зйомки. Крім того, існує особливий вид анімації для роботи з глиняними об'єктами, який називається клеймація [6].

Ротоскопна анімація. За допомогою цього методу ми, по суті, переносимо зняті камерою кадри в програмне забезпечення кадр за кадром. Ось як це працює - припустимо, ви знайшли референс сцени або руху, який вам потрібен для вашого сюжету. Тому ви використовуєте відео референс в певній програмі, перемальовуючи лінії відео об'єктів з кожного кадру, щоб створити цифрову версію реальних рухів.

Анімація фліпбука. Процес фліпбук анімації вважається одним з найстаріших методів анімації і відбувається шляхом ручного малювання окремих кадрів на аркушах паперу. Намалювавши кілька кадрів однієї і тієї ж сцени/руху, художник дуже швидко прокручує аркуші від першого кадру до останнього, щоб створити ілюзію руху.

1.2.3 Опис 12 принципів анімації (Волт Дісней) Frank Thomas

У своїй книзі 1981 року "Ілюзія життя" аніматори Діснея Оллі Джонстон і Френк Томас представили дванадцять принципів анімації. Вони входили до "Дев'яти старих", основної групи аніматорів, які відіграли важливу роль у створенні анімаційного стилю Діснея. Дванадцять принципів стали

загальноновизнаною теоретичною основою для всіх аніматорів, які описують що пов'язує анімацію з фізичними законами, і тим самим робить її більш реалістичною [7].

12 принципів анімації складають:

- Стиснення і розтягання;
- Підготовка до руху;
- Сценічність;
- Анімація «навпростець» та «від пози до пози»;
- Інерція руху;
- Розгін і гальмування;
- Рух дугою;
- Додаткові рухи;
- Таймінг;
- Перебільшення;
- Точність малюнку;
- Привабливість.

Стиснення і розтягання. Стиснення і розтягання (рис.1.3) – це, мабуть, найбільш фундаментальний принцип. Для пояснення цього принципу завжди використовують м'яч, що стрибає. Сила руху розчавлює м'яч, але оскільки об'єкт повинен зберігати свій об'єм, він також розширюється при ударі. Це те, що називається стисненням і розтягуванням. У найнижчій точці руху кулю зображують сплюснутою, а в підйомі до найвищою точки – витягнутою [7].

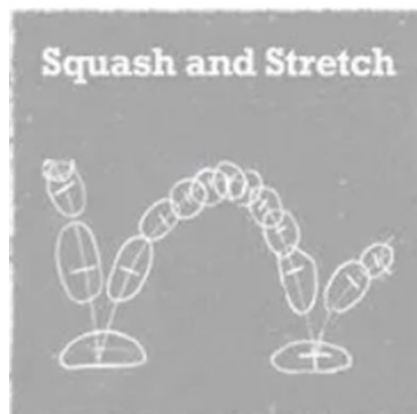


Рисунок 1.3 – Принцип стиснення і розтягання

Підготовка до руху. Кожен об'єкт перед тим як почати рухатись, спочатку з'являється бажання, потім намір в русі. Удар гравця по м'ячу – це основна дія, а запах ноги перед цим – підготовка. В анімації, коли є відтворення підготовки до руху, це додає об'єкту життєподібності (рис.1.4).



Рисунок 1.4 – Принцип “Підготовка до руху”

Сценічність. Сценічність – це один з найбільш ігнорованих принципів (рис.1.5). Він полягає в розміщенні елементів кадру певним чином, щоб вплинути на сприйняття глядача. Зображення об'єктів у певних ділянках кадру з певним освітленням підкреслюють зовнішній вигляд об'єктів в середовищі [8].



Рисунок 1.5 – Принцип “Сценічність”

Анімація «навпростець» і «від пози до пози» (рис.1.6). Зображення «навпростець» - коли малюється кадр дії один за одним послідовно, у методі «від кадру до кадру» малюються тільки перший і останній кадр, а потім вже заповнюються проміжні.

«Від кадру до кадру» дає більше контролю над дією, можна заздалегідь побачити, де ваш персонаж буде знаходитися на початку і в кінці, замість того, щоб сподіватися на те, що час розрахований правильно. Виконуючи основні пози спочатку, це дозволяє зловити будь-які основні помилки на ранніх стадіях. Проблема в тому, що іноді він занадто акуратний і досконалий коли «навпростець» менш спланована, а тому більш несподівана і свіжа. Проблема в тому, що це схоже на біг із зав'язаними очима... не можливо зрозуміти, де ви повинні бути в будь-який момент часу.



Рисунок 1.6 – Принцип “«навпростець» і «від пози до пози»”

Інерційні рухи (рис.1.7). Коли рухомий об'єкт, такий як людина, зупиняється, його частини можуть продовжувати рухатися в тому ж напрямку під дією сили поступального руху. Цими частинами можуть бути волосся, одяг, підборіддя, або інші частини об'єкту. Закони фізики проголошують, що після того як об'єкт перестає рухатись, імпульс руху за інерцією якийсь час зберігається, поступового згасаючи. В анімації, використання інерції також додає правдоподібності об'єкту, що рухається. Але також потрібно враховувати те, що у об'єктів з різною масою, інерція частинок також буде різна [7].



Рисунок 1.7 – Принцип “Інерційні рухи”

Розгін і гальмування (рис.1.8). Не один рух не відбувається з рівномірною швидкістю – потрібен деякий час, щоб розігнатися, а під час зупинки дії – час на гальмування. Прискорення і уповільнення об’єкту анімації відображають природні реакції. Передати це можна, створюючи більше кадрів на початку та в кінці анімації. Ретельний контроль за зміною швидкості об’єктів створює анімацію, яка має надзвичайну правдоподібність.



Рисунок 1.8 – Принцип “Розгін і гальмування”

Рух дугою (рис.1.9). Аніматори використовують уявні дуги, щоб правдоподібно передавати природні рухи. Життя не рухається по прямих лініях, і анімація теж не повинна. Більшість живих істот, включаючи людей, рухаються по колах, які називаються дугами. Дуги рухаються по вигнутій траєкторії, що додає ілюзію життя анімованому об’єкту в дії. Без дуг ваша анімація була б жорсткою і механічною. Швидкість і час дуги мають вирішальне значення. Іноді дуга

настільки швидко, що розмивається до невпізнання. Дуги, що імітують швидкий рух, розтягуються на більші відстані з низькими вершинами, а для повільних рухів зображується коротка дуга з вищою вершиною.



Рисунок 1.9 – Принцип “Рух дугою”

Додаткові рухи (рис.1.10). Цей принцип проголошує, що рузи зазвичай не відбуваються ізольовано. Додаткові рухи – це жести, які підтримують основну дію, щоб додати більше виміру анімації персонажа. Вони можуть надати більше індивідуальності та розуміння того, що робить або думає персонаж [8].



Рисунок 1.10 – Принцип “Додаткові рухи”

Таймінг (рис.1.11). Таймінг – це те, де на часовій шкалі ви розміщуєте кожен кадр дії. Важливість таймінгу виявляється в тому, скільки кадрів відведено на той чи інший рух. Основними принципами є: більше малюнків між позиціями уповільнюють і згладжують дію. Менша кількість малюнків робить дію швидшою

і чіткішою. Різноманітність повільних і швидких таймінгів всередині сцени додає текстури та інтересу до руху.

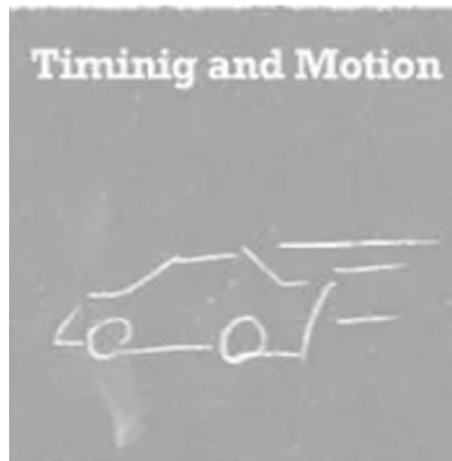


Рисунок 1.11 – Принцип “Таймінг”

Перебільшення (рис.1.12). Перебільшення представляє риси та дії персонажа в екстремальній формі для досягнення комедійного або драматичного ефекту. Це може включати спотворення рис обличчя, типів фігури та виразу обличчя, а також рухів персонажа. Перебільшення – це чудовий спосіб для аніматора підвищити привабливість персонажа та покращити розповідь, він дає змогу розтягувати і викривляти реальність.



Рисунок 1.12 – Принцип “Перебільшення”

Точність малюнку (рис.1.13). Основні принципи малювання форми, ваги, об'ємності та ілюзії тривимірності застосовуються в анімації так само, як і в академічному малюнку. Коли ви малюєте мультфільми, ви малюєте в класичному розумінні, використовуючи олівцеві начерки та малюнки для відтворення життя.

Ви трансформуєте їх у колір і рух, надаючи персонажам ілюзію тривимірного і чотиривимірного життя. Тривимірність – це рух у просторі. Четвертий вимір – це рух у часі [8].

Він вимагає вправності і знання малюнку, як тривимірної дисципліни, що спирається на розуміння анатомії і форми, це забезпечує більшу правдopodobність.

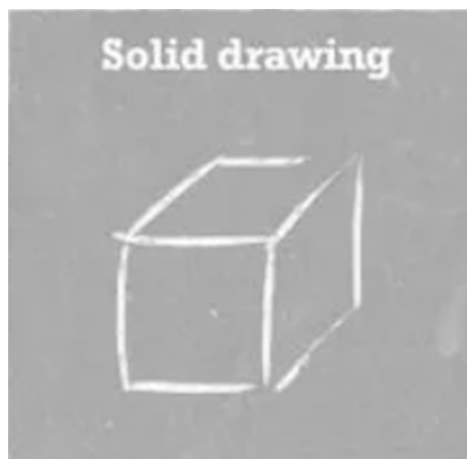


Рисунок 1.13 – Принцип “Точність малюнку”

Привабливість (рис.1.14). Люди запам'ятовують реальних, цікавих і захоплюючих персонажів. Анімаційні персонажі повинні бути приємними на вигляд і харизматичними, це стосується навіть антагоністів історії. Привабливість може бути важко оцінити кількісно, оскільки у кожного свій стандарт. Тим не менш, ви можете дати своєму персонажу більше шансів бути привабливим, зробивши його привабливим на вигляд. «Привабливість» - не обов'язково означає «красива» зовнішність, а радше реалізація певних рис, які нададуть об'єкту характеру [7].



Рисунок 1.14 – Принцип “Привабливість”

ВИСНОВКИ ДО 1 РОЗДІЛУ

В першому розділі звіту було проаналізовано історії виникнення та розвитку анімації. Додатково розглянуто основні види та принципи анімації об'єктів. Окрема увага була прикута до визначення особливостей простої анімації та шейпової анімації.

2 ПОНЯТТЯ ШЕЙПОВОЇ АНІМАЦІЇ

2.1 Визначення шару об'єкту, основні типи. Особливості створення форм на основі векторних шарів

Об'єкт, який був створений у векторному графіку, можна розтягувати і надавати йому форму. Ця технологія називається шейп-анімацією. Мова форм – це набагато більше, ніж просто кілька геометричних фігур. Всі вони представляють різні ідеї, кожна з них має своє призначення. Shape animation – це технологія, в якій геометричні об'єкти змінюються, розтягуються, трансформуються в будь-яку іншу форму, анімація форм за допомогою векторних форм. За допомогою призначення точок, які є клавішами, фігури трансформуються з однієї в іншу. У цьому виді анімації є обмеження механіки: анімація повинна бути окремим шаром і єдиною намальованою фігурою, не містить ніяких символів. Завдяки цій технології об'єкти стали динамічними: вони гармонійно рухаються, змінюються. Анімація об'єктів максимально наближена до покадрової анімації. Іноді її вважають найбільш близьким видом анімації до класичної. За кожним рухом кожного об'єкта на екрані завжди стоїть кропітка робота аніматора. Розглянемо цю техніку більш детально. Анімація об'єктів дозволяє плавно трансформувати один контур в інший. Ми можемо застосувати її до неузгоджених лічильників. Наприклад, якщо вам потрібно, щоб квадрат плавно перетворився в коло або силует кролика плавно перетік в силует вовка. Ви даєте два ключових кадри з деякої відстані один від одного, і це розраховується.

2.2 Способи створення шейпового шару

В окремому кадрі малюється векторна фігура, а в іншому кадрі ця фігура змінюється, або малюється нова фігура. Потім програма інтерполює фігури для проміжних кадрів, створюючи об'єкт однієї форми, що перетікає в іншу форму. Якщо у вас є два ключових кадри, ви зробите активним перший ключовий кадр і виберіть властивості панелі для фігури плагіна. Кадри на часовій шкалі будуть

пофарбовані зеленим кольором, а від першого кадру до другого повинна з'явитися голка. В результаті ви отримаєте серію проміжних кадрів, які будуть трансформувати рух першої фігури до другої.

На відміну від покадрової анімації, де рух об'єкта промальовує рух об'єкта, тут потрібно задати початкове положення і останнє положення. Далі алгоритм зтягує рух саме по заданій траєкторії. Цей тип технології анімації базується на початковому і кінцевому кадрах. Все, що знаходиться між ними, інтерполюється за заданим алгоритмом.

2.3 Анімація шейпів на основі модифікаторів

Процес анімації покращується завдяки модифікаторам – покращеній технології анімації. Модифікатори дозволяють задавати об'єктам певну послідовність дій, це запрограмована певна поведінка об'єкту, яку можна застосувати до будь-якого шейпового шару і налаштувати фізику на індивідуальні налаштування поведінки об'єкта.

Модифікатори – це автоматичні операції, що впливають на геометрію об'єкта неруйнівним чином. За допомогою модифікаторів можна автоматично виконувати багато ефектів, які в іншому разі було б надто утомливо робити вручну (наприклад, поверхні підрозділу), не зачіпаючи базової геометрії вашого об'єкта. Вони працюють, змінюючи спосіб відображення та візуалізації об'єкта, але не геометрію, яку можна редагувати безпосередньо.

У програми Blender існує чотири категорії модифікаторів.

Modify. Це інструменти, схожі на інструменти Deform проте зазвичай вони безпосередньо впливають не на геометрію об'єкта, а на деякі інші дані, наприклад, групи вершин.

Generate. Це конструктивні/деструктивні інструменти, які впливатимуть на всю топологію меша. Вони можуть змінити загальний вигляд об'єкта або додати до нього нову геометрію.

Deform. На відміну від категорії Generate вище, вони тільки змінюють форму об'єкта, не змінюючи його топологію.

Simulate. Вони являють собою симуляції фізики. У більшості випадків їх автоматично додають у стек модифікаторів щоразу, коли ввімкнено систему частинок або симуляцію фізики. Їхня єдина роль - визначити позицію в стеку модифікаторів, з якої беруться базові дані для моделювання, яке вони представляють. Як такі, вони зазвичай не мають атрибутів і контролюються налаштуваннями, представленими в окремих розділах властивостей.

Стек модифікаторів. Модифікатори – це серія неруйнівних операцій, які можна застосовувати поверх геометрії об'єкта. Застосовувати їх можна практично в будь-якому порядку. Цей вид функціональності часто називають "стеком модифікаторів" і він також зустрічається в кількох інших 3D-додатках.

Модифікатори обчислюються зверху вниз у стеку. Бажаний результат (праворуч) досягається шляхом спочатку дзеркального відображення об'єкта, а потім обчислення поверхні підрозділу.

ВИСНОВКИ ДО 2 РОЗДІЛУ

У другому розділі звіту було проведено дослідження шейпової анімації, її видів, проаналізовані модифікатори анімації та методи створення. Розглянуті методи створення шейпової анімації у програмі Blender та розглянуті чотири види модифікаторів: Modify, Generate, Deform, Simulate. Також, проаналізовані можливості Стек модифікаторів та їх область застосування і функціонал.

Шейпова анімація – це створення об'єктів з простих форм та подальша їх деформація та анімація. З шейпів створюється практично вся 2D та більшість 3D анімації. Для створення шейпової анімації використовуються модифікатори – запрограмована поведінка об'єкту, що може змінити його стан та зовнішній вигляд. Завдяки шейповій анімації можна створити рекламу, сцену кіно, анімацію сайту та багато інших можливостей.

3 СТВОРЕННЯ ВІЗУАЛЬНОГО ЕФЕКТУ В ПРОГРАМІ BLENDER

3.1 Моделювання та анімація об'єкту на основі інструмента Shape Keys

3.1.1 Моделювання основної фігури ялинки

Щоб продемонструвати можливості шейпової анімації, буде реалізована анімація ялинки, що перетворюється з дерев'яного циліндра, який показано на рисунку 3.1. Для створення шейпової анімації в Blender, починаємо з об'єкту – циліндра.

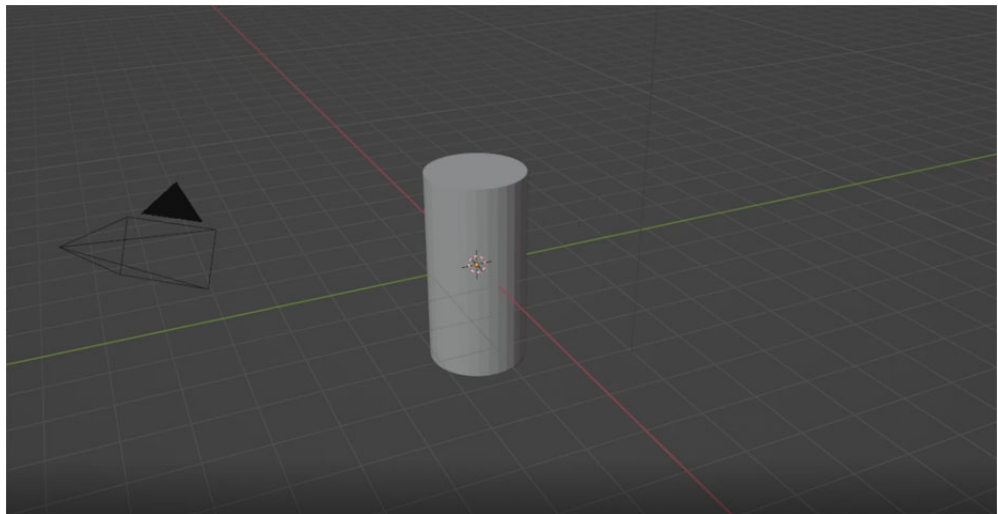


Рисунок 3.1 – Створення об'єкту циліндр у програмі Blender

Застосовуємо згладження шару Shade Smooth (рис.3.2), потім розділяємо циліндр на декілька частин і поступово формуємо ялинку з команд Scale та G.

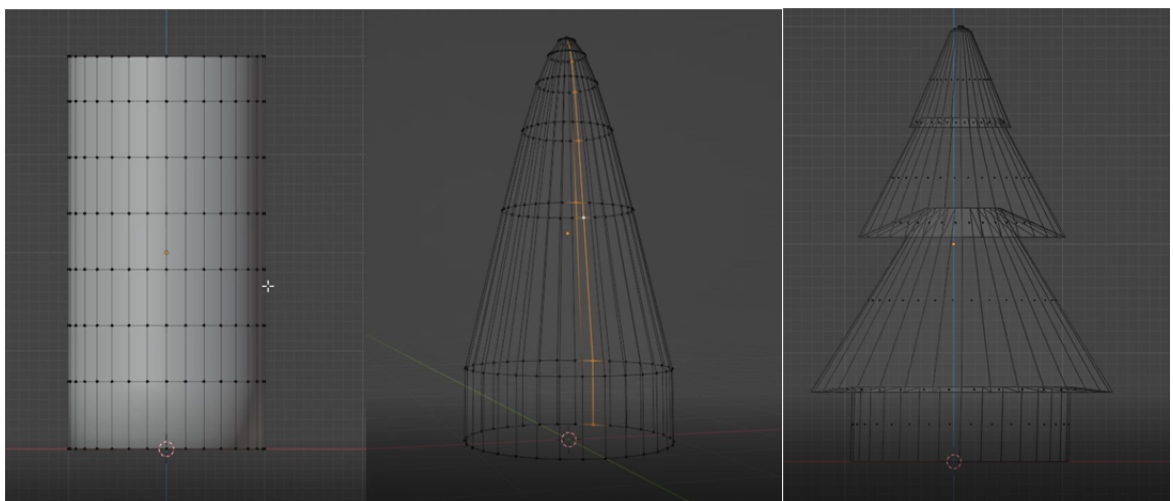


Рисунок 3.2 – Трансформування циліндру у об'єкт «ялинка»

Після того як ялинка сформована, у налаштуваннях об'єкту додаємо модифікатори: Bevel та Subdivision Surface. У налаштуваннях Shape Keys, повертаємо ялинку до виду циліндра і анімуємо зміну за допомогою параметра Value та ключових кадрів (рис.3.3).

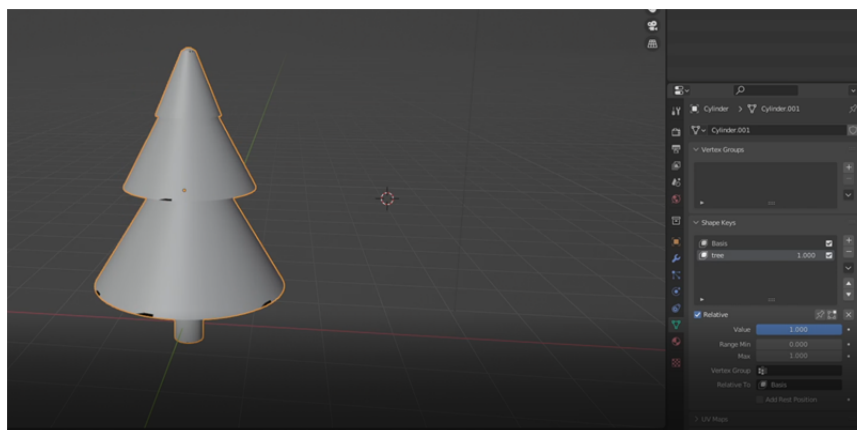


Рисунок 3.3 – Налаштування параметра Value у Shape Keys

Для анімації зміни об'єкту налаштовуємо такі параметри: Value (параметр, що перетворює циліндр на ялинку), Position (переміщення ялинки) та Rotation (обертання об'єкту) (рис.3.4).

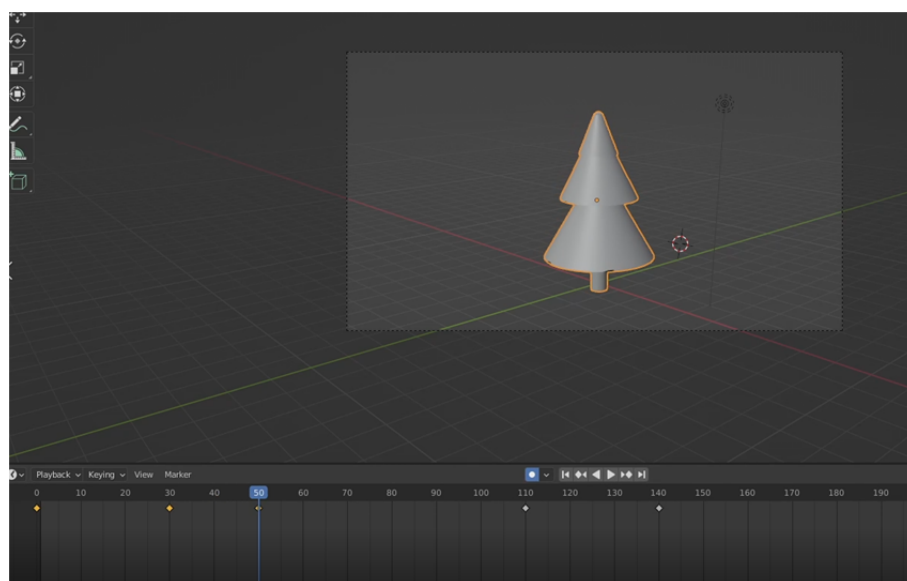


Рисунок 3.4 – Ключові точки анімації

Для реалістичності зміни об'єкту, додамо частинки, які падають під час зміни об'єкту з циліндра. Щоб створити частинки, спочатку потрібно створити площину, яка буде підлогою, щоб частинки падали на неї, та налаштувати її.

3.1.2 Створення частинок

До площини у вкладці Physics Properties додаємо опцію Collision та налаштовуємо параметри Stickiness та Damping (рис.3.5).

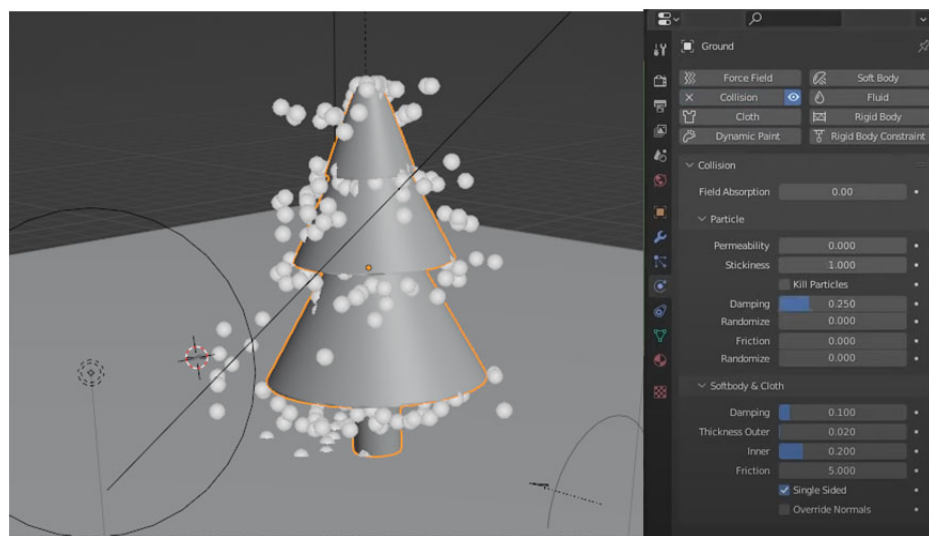


Рисунок 3.5 – Налаштування частинок для об'єкту «ялинка»

Потім обираємо об'єкт «циліндр» та створюємо Particle System. У налаштуваннях системи частинок налаштовуємо параметри: початковий та кінцевий кадр створення частинок, також тривалість життя цих частинок, потім у опції Velocity параметр Normal ставимо 0.5 та Object Velocity 0.250. Додаємо до об'єкту Rotation та встановлюємо показники Randomize, Phase та Randomize Phase на максимум. Також, довстановили в опції Forces показники Damp та Drag на 0.100 (рис.3.6).

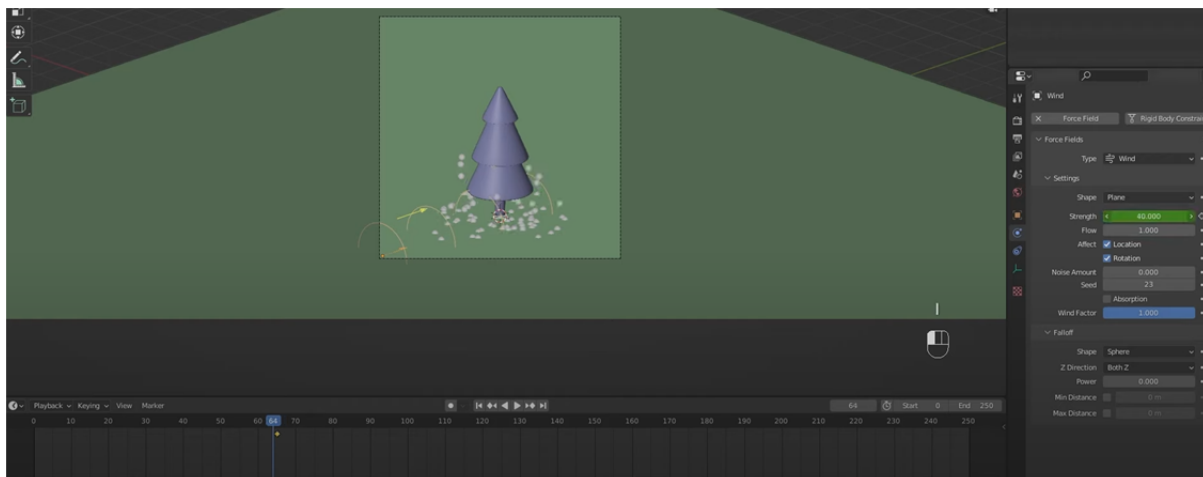


Рисунок 3.6 – Анімація сили вітру для частинок ялинки

Для того щоб частинки зникали, додаємо ефект вітру. Обираємо Force Field і далі – Wind. Повертаємо ефект на -90 градусів та розтягуємо впродовж ялинки. Потім анімуємо параметр Strength для вітру, щоб він посилювався і смітав частинки.

У налаштування Blender також потрібно активувати Add-ons: Add curve:Extra Objects та Add Mesh: Extra Objects.

3.1.3 Прототип частинки

Для того щоб частинки мали форму, її потрібно спочатку створити. Потрібно щоб коли дерево оберталося, з нього падала тирса. Тому треба створити одну таку частинку, щоб потім застосувати її до частинок об'єкту (рис.3.7).

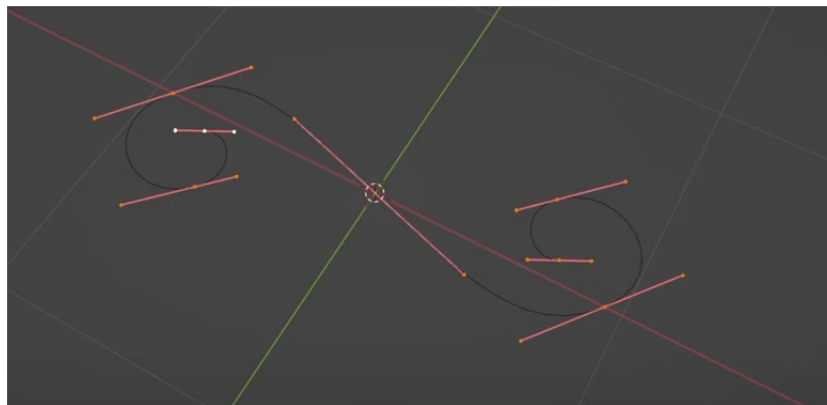
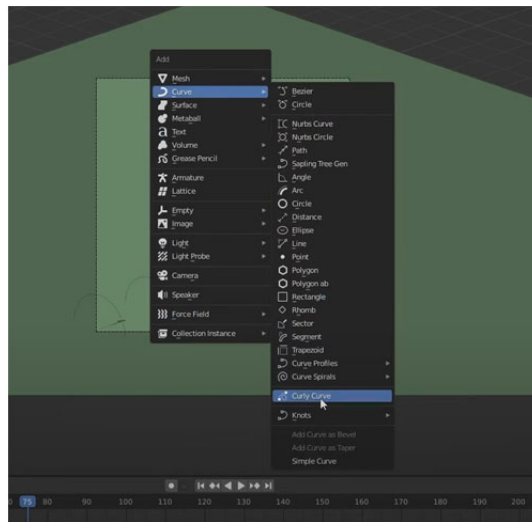


Рисунок 3.7 – Створення об'єкту частинки

Створюємо новий об'єкт Curly Curve (рис.3.8), який буде нагадувати тирсу та налаштовуємо рівень Extrude, щоб наш об'єкт з плоского став тривимірним.

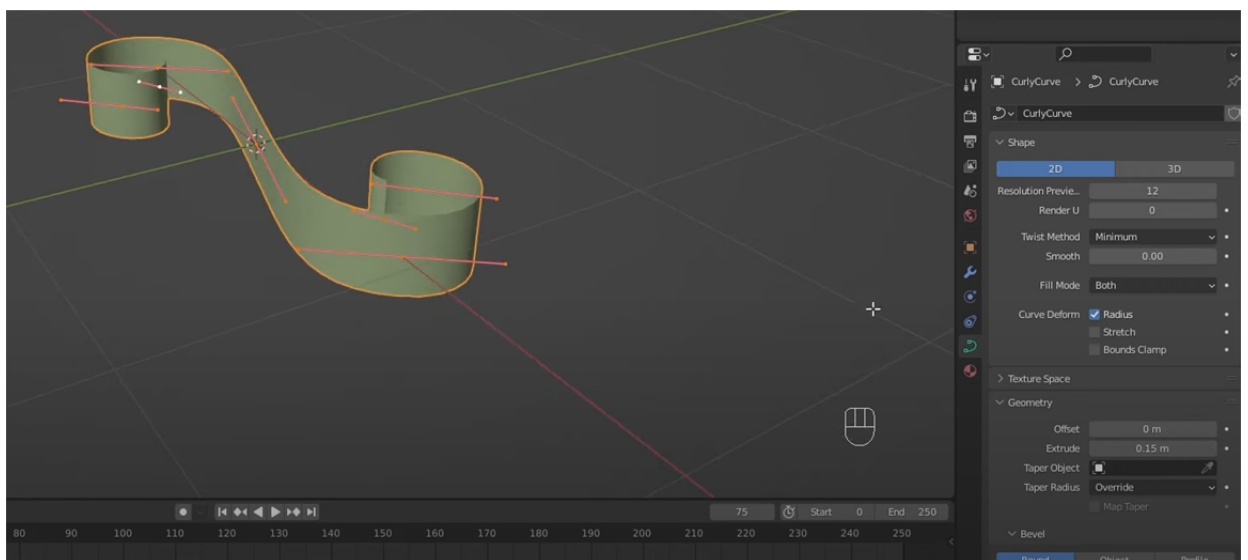


Рисунок 3.8 – Налаштування об'єкту частинки

Потім переходимо у меню Object, та конвернуємо об'єкт у Mesh. Також потрібно додати модифікатор Solidify, щоб зробити об'єкт реалістичним. У налаштуваннях об'єкту ялинки, у параметрах частинок у вкладці Render потрібно встановити режим Render As Object, та обрати створену частинку за приклад (рис.3.9). Тоді усі наші частинки з кульок перетворяться на об'єкт створений на основі Curly Curve.

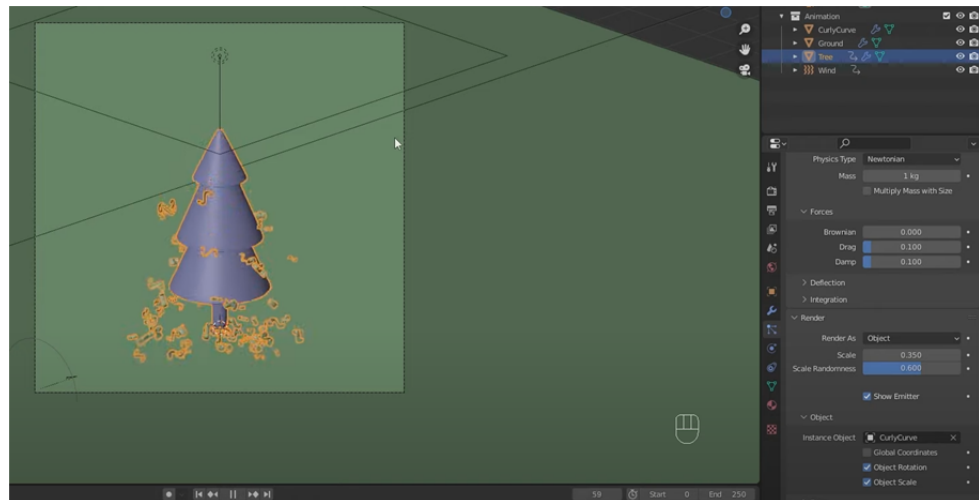


Рисунок 3.9 – Об'єднання об'єкту та створення частинки ялинки

3.1.4 Додаємо зірку на ялинку

Створюємо об'єкт зірка з меню об'єктів, вкладка Extras та повертаємо її так, щоб поставити на вершину ялинки і зменшуємо розмір (рис.3.10).

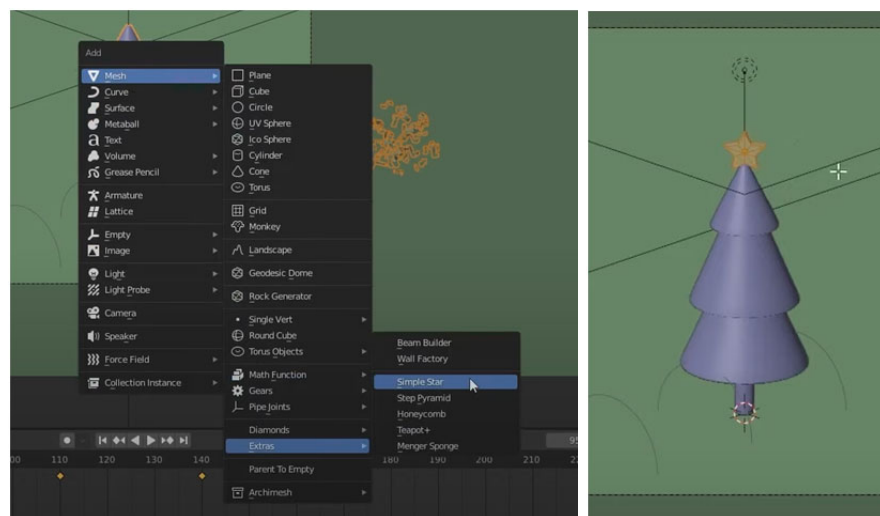


Рисунок 3.10 – Створення об'єкту «зірка»

Тепер налаштуємо анімацію появи зірки на ялинці, щоб вона з'являлась поза кадру і повільно опускалась на ялинку. Додаємо ключові кадри та перевіряємо дію. Також, щоб зірка після того як опуститься на ялинку, повторювала її дії, їх необхідно об'єднати.

Для створення зв'язку між ялинкою та зіркою, виділяємо обидва об'єкти на панелі, натискаємо Ctrl+P та обираємо пункт меню Set Parent to Object. Тепер зірка буде рухатись за ялинкою.

3.1.5 Додавання текстур

Коли основна робота над анімацією та об'єктом готова, до об'єктів додаються шари матеріалів, щоб зробити їх реалістичними. Для початку для ялинки створюється текстура деревини (рис.3.11).

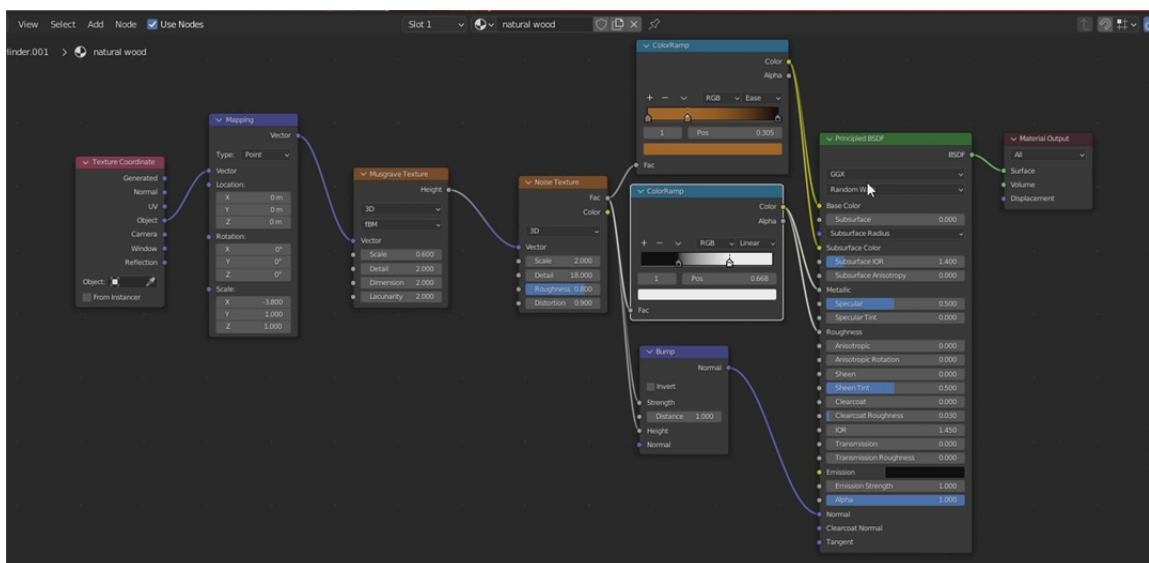


Рисунок 3.11 – Ноди текстури дерева

Щоб текстура деревини поступово переходила на зелений колір ялинки, додаємо ноду Mix Shader, та від неї окрему вітку з текстурою зеленого кольору ялинки. Анімуємо параметри ноди Mapping, щоб текстура об'єкту поступово змінювалася (рис.3.12).

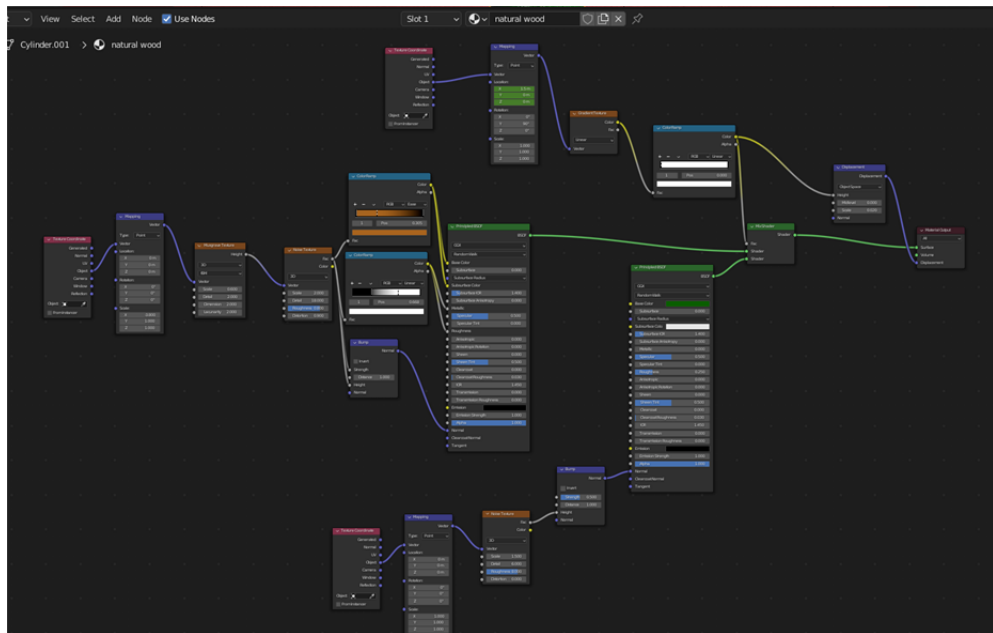


Рисунок 3.12 – Ноди текстури дерева, що змінюються на зелений колір з текстурою ялинки

Для налаштування світіння зірки на ялинці, спочатку налаштовуємо текстуру зірки (рис.3.13) за допомогою нод, потім переходимо у вкладку Compositing та додаємо ноду Glare та налаштовуємо її (рис.3.14).

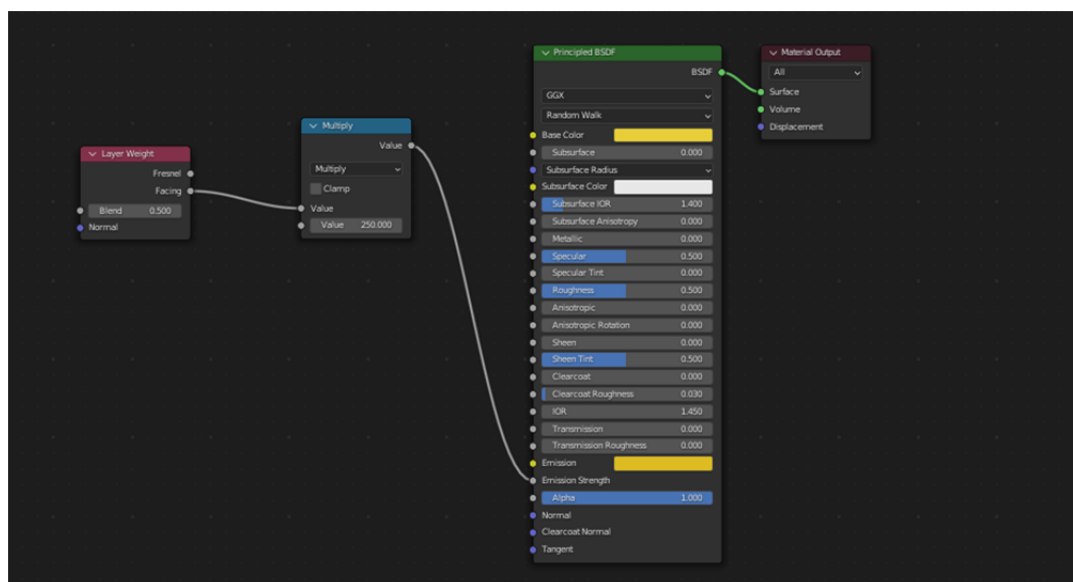


Рисунок 3.13 – Ноди текстури зірки

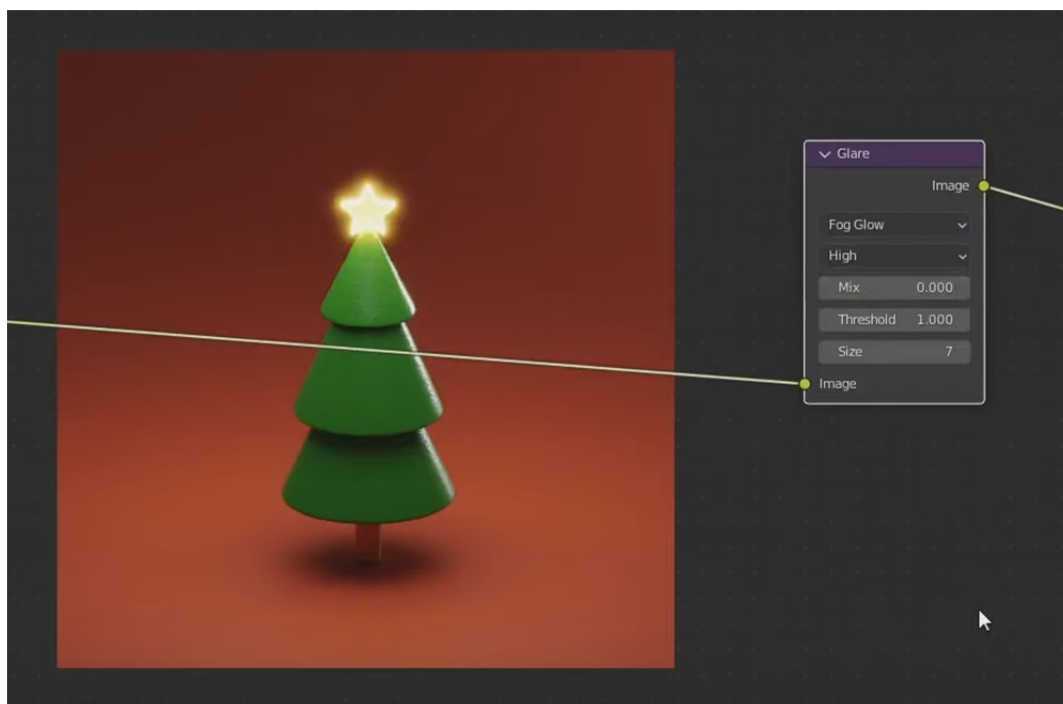


Рисунок 3.14 – Налаштування ноди Glare у вкладці Compositing

3.2 Дослідження різних режимів шейпу фігури ялинки

Для кращого розуміння роботи Shape Keys, розглянемо його режими роботи на прикладі фігури ялинки. Shape Keys використовується для деформації об'єктів у нові форми для анімації. В іншій термінології клавіші форми можуть називатися "морфінг-цілі" або "змішування фігур".

Найпопулярніші випадки використання клавіш форми – це анімація обличчя персонажів, а також налаштування та вдосконалення скелетного каркасу. Вони особливо корисні для моделювання органічних м'яких частин і м'язів, де є потреба в більшому контролі над результуючою формою, ніж та, що може бути досягнута за допомогою комбінації обертання і масштабування.

Shape Keys можуть бути застосовані до таких типів об'єктів з вершинами, як сітка, крива, поверхня і решітка. Сіть (крива, поверхня або решітка) має стек ключів форми. Стек може бути відносного або абсолютного типу.

Відносний.

В основному використовується для м'язів, суглобів кінцівок та анімації обличчя. Кожна фігура визначається відносно основи або іншого вказаного ключа фігури. Результируючий ефект, видимий у 3D-Вигляді, який також називається Мікс (Mix), є кумулятивним ефектом кожної фігури з її поточним значенням. Починаючи з базової фігури, результат отримується шляхом додавання зваженого відносного зміщення кожної фігури до її опорного ключа.

Абсолютний.

В основному використовується для деформації об'єктів у різні форми з плином часу. Кожна форма визначає, якою буде форма об'єкта в момент часу оцінки, вказаний в її значенні. Результируюча форма, або Мікс, є інтерполяцією попередньої та наступної форми з урахуванням поточного часу оцінки.

Для того щоб надавати певну форму сітці, існують режими пропорційного редагування. Пропорційне редагування – це спосіб перетворення виділених елементів, який також впливає на сусідні невиділені елементи (рис.3.15). Чим далі знаходиться невиділений елемент, тим менше він буде зачеплений (звідси і "пропорційний"). Ця особливість дуже корисна для плавної деформації щільних сіток.

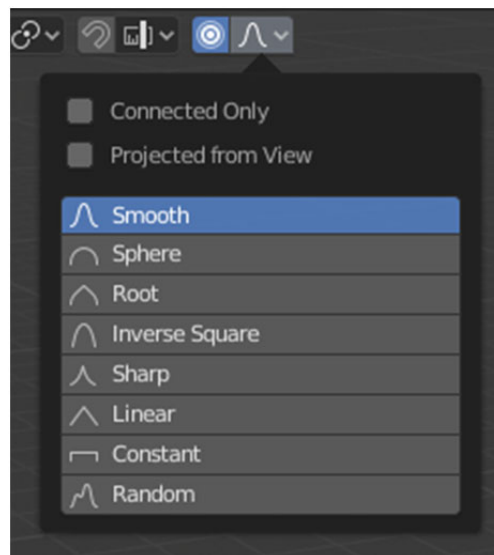


Рисунок 3.15 – Спливаюче вікно пропорційного редагування

Пропорційне редагування зазвичай використовується в режимі редагування (рис.3.16), але його також можна використовувати в режимі об'єкта. У цьому

випадку інструмент працює з цілими об'єктами, а не з окремими компонентами сітки.

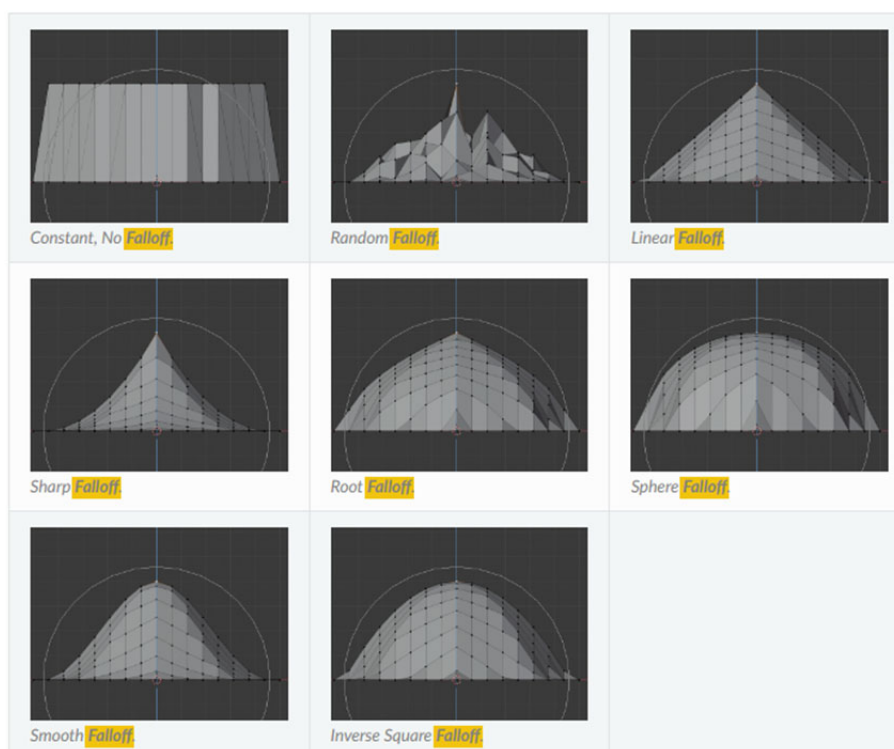


Рисунок 3.16 – Результат використання режимів пропорційного редагування

При роботі з щільною геометрією може стати складно внести тонкі корективи, не викликаючи видимих грудочок і складок на поверхні моделі.

Розглянемо наявно на прикладі ялинки усі режими.

Почнемо з режиму Root (рис.3.17), завдяки якому була створена верхівка ялинки. Root пропорційно стягує верхівку об'єкта до однієї точки у конусоподібному вигляді. Завдяки цьому швидко була створена основа ялинки, яка в подальшому трансформувалась у повноцінну модель.

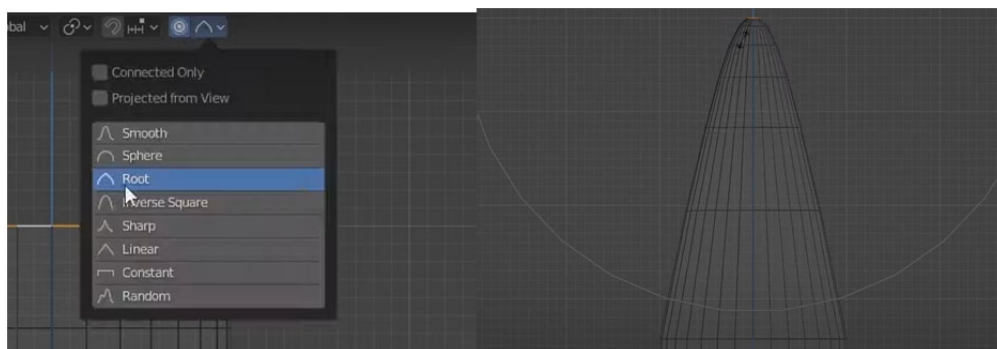


Рисунок 3.17 – Робота режиму Root

3.3 Практика і теорія Blendshapes-моделей на прикладі анімації обличчя

3.3.1 Принцип роботи Blendshapes

Обличчя – це елемент, який найчастіше використовують для комп'ютерної графіки та створення анімацій для фільмів. Його складність є постійним викликом для наших зростаючих можливостей моделювати, рендерити та анімувати реалістичні синтетичні об'єкти.

Існують різні моделі анімації обличчя людини, серед них (рис.3.18):

- фізично засновані моделі, які наближають механічні властивості обличчя, такі як шари шкіри, м'язи, жирові тканини, кістки тощо;
- Параметричні моделі, в яких реалізовані користувацькі алгоритми деформації обличчя, реалізовані кастомні алгоритми деформації, визначені спеціально для обличчя;
- підходи з використанням пропрієтарних деформаторів комерційних пакетів, такі як "кластерні деформатори";
- моделі аналізу компонентів, отримані зі сканування або захоплення руху актора;
- підходи, що засновані на просторовій інтерполяції, або інтерполяції і абстрактній позі чи просторі виразів;
- моделі "blendshape", які позначаються кількома іншими назвами
- гібридні підходи



Рисунок 3.18 – Робота Blendshapes на прикладі посмішки обличчя

BlendShape – це приблизна семантична параметризація виразу обличчя. На рис. 3.18 показана робота Blendshapes на прикладі зміни виразу обличчя, а саме посмішки від посмішки з закритим ротом, потім навіппосмішка і посмішка з відкритим ротом.

Використання BlendShape залишається популярним через поєднання простоти, виразності та інтерпретованості цього методу. Анімація обличчя за допомогою Blendshape є переважним вибором для реалістичних людиноподібних анімацій персонажів у кіноіндустрії. Такий підхід використовувався для анімації обличчя персонажа Бенджаміна Баттона у фільмі «Загадкова історія Бенджаміна Баттона», також для фільмів «Кінг Конг», «Володар перснів», «Стюарт Літл».

Навіть коли використовуються більш складні методи моделювання обличчя, іноді застосовуються Blendshapes в якості базового шару, на який вже потім нашаровуються нелінійні або фізично обґрунтовані деформації. BlendShape - модель генерує позу обличчя, як лінійну комбінацію ряду виразів обличчя, Blendshapes «мішеней». Змінюючи параметри лінійних комбінацій, можуть бути створені цілі ряди виразів обличчя, виходячи з невеликих обчислень. Набір фігур може бути розширений в залежності від діапазону виразів, які необхідні для персонажа.

BlendShape має певні переваги, відносно інших методів:

- BlendShape є семантичною параметризацією: ваги мають інтуїтивне значення для аніматора як сила або вплив різних виразів обличчя. Інші лінійні моделі, такі як PCA, цього не передбачають;

- Певною мірою BlendShape змушують аніматора залишатися "на моделі", тобто довільні деформації неможливі. Це може розглядатися, як обмеження можливостей анімації. Але насправді це дуже допомагає забезпечити реалістичність виразів обличчя і недопускає неможливих деформацій.

Незважаючи на те, що технологія BlendShape є концептуально простою, розробка моделі обличчя – це великий і складний процес. Для вираження повного спектру реалістичних виразів обличчя, цифрові модел'ери часто створюють бібліотеки бленд-мішеней. Наприклад, персонаж Голлум у фільмі «Володар

перснів» мав 946 мішеней для створення моделі обличчя. Створення досить реальної моделі може зайняти до року роботи для якісної анімації.

Blendshapes – це лінійні моделі обличчя, в яких окремі базисні вектори не є ортогональними, а натомість представляють окремі вирази обличчя. Окремі базисні вектори називаються «Blendshapes цілі», або «морф-цілі», чи «змішані фігури». Відповідно, методи керування змінами деформацій називають (рис.3.19) – повзунками, оскільки саме так вони виглядають в інтерфейсі модел'єра. Морфінована модель також є лінійною моделлю обличчя, хоча вона може бути зосереджена на ідентичності, її основою є ортогональна, а не семантична модель.



Рисунок 3.19 – Повзунки керування окремими частинами обличчя

У цій роботі, я розгляну тільки техніки, що використовують ортогональну основу, оскільки інтерпретованість Blendshapes основи є визначальною рисою в роботі з моделюванням обличчя (рис.3.20).

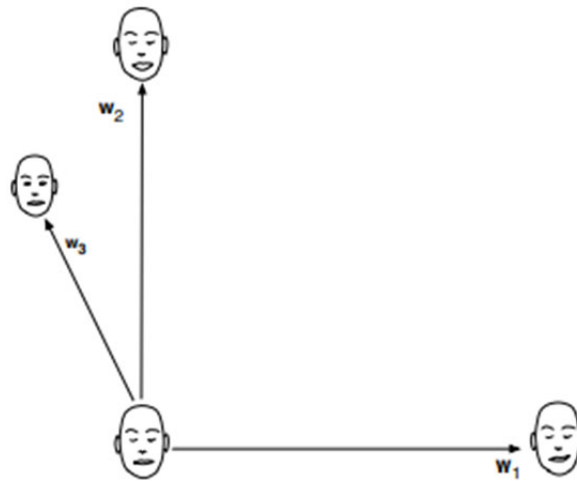


Рисунок 3.20 – Зміна виразу обличчя відносно координат та різних значень векторів

Рівняння представляє собою глобальний підхід, у цьому методі масштабування всіх ваг на множник, призводить до масштабування всієї голови. Загальне масштабування голови зручніше обробляти за допомогою окремого перетворення, але для усунення небажанного масштабування ваги в рівнянні можуть бути обмежені до 1.

У формулі локальної форми обличчя, основне обличчя позначається як b_0 , коли решта мішеней позначаються як b_k . $k = 1...N$ замінюються різницею $b_k - b_0$ між k -ю моделлю обличчя та нейтральним обличчям:

$$f = b_0 + \sum_{k=1}^n w_k (b_k - b_0) \quad (3)$$

де b_0 – нейтральна форма, тому позначимо це як:

$$f = b_0 + Bw \quad (4)$$

У цьому формулюванні ваги умовно обмежені діапазоном $[0,1]$, хоча існують винятки з цієї умовності. Наприклад, інтерфейс Blendshapes у програмі Maya дозволяє художнику перевизначати межі $[0,1]$, якщо це необхідно.

Якщо різниця між конкретною формою накладання b_k та нейтральною формою обмежується невеликою областю, наприклад, лівою бровою, то отримана параметризація забезпечує інтуїтивно зрозумілий локальний контроль.

Модель Blendshapes можна розглядати як розміщення мішеней на (деякі з) вершин n -вимірного гіперкуба, причому початок координат є нейтральною фігурою, а ребра гіперкуба представляють собою початок координат – нейтральна фігура, а ребра гіперкуба - ваги на відповідних цілях (рис. 3.20). На цьому та наступних рисунках маленьке зображення обличчя представляє сукупність вершинних компонентів певної фігури змішання.

3.3.3. Проміжні форми

Оскільки індивідуальна вага в рівнянні (4) змінюється від нуля до одиниці, рухомі вершини на грані переміщуються вздовж прямої. Для забезпечення більшої точності, реалізація виробничих Blendshapes, таких як у Maya, дозволяють розташовувати цілі з проміжними значеннями ваги, що дає кусково-лінійну інтерполяцію. Схематично це показано на Рисунку 3.21.

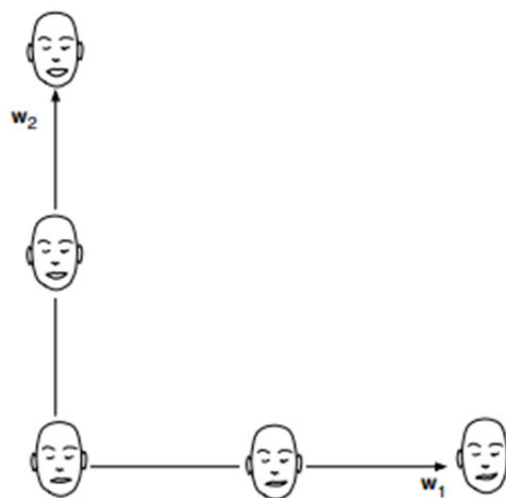


Рисунок 3.21 – Кусково-лінійної інтерполяція до повної цілі

3.3.4. Комбіновані Blendshapes

Інший варіант Blendshapes, додає додаткові "коригувальні" фігури, які стають активними в тій мірі, в якій активними є певні пари (або трійки і т.д.) ваг.

Такий підхід можна позначити як:

$$f = f_0 + b_1 w_1 + b_2 w_2 + b_3 w_1 + \dots + b_{2,3,10} w_2 w_3 w_{10} + \dots$$

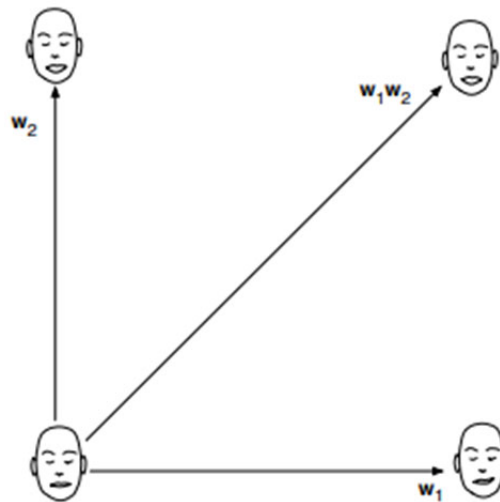


Рисунок 3.22 – Схематична ілюстрація ідеї "комбінованої бленд-фігури"

Тут перший рядок еквівалентний рівнянню (4). Член $b_{1,5} w_1 w_5$ є білінійною "поправкою", яка повністю додається лише тоді, коли w_1 і w_5 дорівнюють одиниці, і повністю віднімається, якщо будь-яка з них дорівнює нулю. Нерегулярна нумерація 1,5 призначена для того, щоб вказати, що ці поправки потрібні тільки для певних пар (або потрійних, четверних) фігур. Наприклад, брова і кут рота просторово добре розділені, тому мало ймовірно, що будь-яка корекція форми для цієї пари фігур навряд чи знадобиться якась корекція. Схематичне візуальне представлення цього підходу показано на малюнку 3.22.

Комбіновані цілі розташовані на (деяких) діагоналях гіперкуба-суміші. Більшість мішеней у сучасних професійних моделях з сотнями мішеней мають саме таку комбіновану форму. Як правило, основні мішені (ті, що розташовані у вершині гіперкуба) розташовані у вершинах гіперкуба, які є сусідами нейтральної фігури) може налічувати 100 фігур, тоді як кількість комбінаційних фігур може становити кілька сотень і більше. Ідею комбінованих Blendshapes слід відрізнити від он-лайн "корекції" фігур.

Коригувальні фігури модифікують або додають до лінійного базису Blendshapes, тоді як комбіновані фігури можна розглядати як член другого порядку в ряді Тейлора у вагах Blendshapes. Схема комбінованої форми не є ідеальною з точки зору інтерполяції.

3.3.5. Гібридні налаштування

У гібридній моделі щелепи та шиї іноді застосовуються різні підходи. Наприклад, оскільки рух щелепи має чіткий обертальний компонент, щелепа з відкритою щелепою часто доповнюється лінійним бленд-скінкінгом. Повіки – ще одна область, яка іноді іноді обробляється за допомогою альтернативних підходів до оснащення, знову ж таки через обертальний рух.

3.3.6 Побудова Blendshapes

Існує декілька підходів до створення Blendshapes. Кваліфікований цифровий художник може деформувати базову сітку в різні форми, необхідні для охоплення бажаного діапазону виразності. Крім того, змішані форми можуть бути безпосередньо відскановані з реального актора або скульптурної моделі. Загальна шаблонна модель може бути зареєстрована для кожного сканування з метою отримання вершинних відповідностей на всіх об'єктах змішаної форми. Методи реєстрації сканів (і реєстрації загального шаблону для сканів) включають в себе

швидко побудову мішеней з мінімальною ручною допомогою з декількох зображень актора.

Така декомпозиція добре використовує графічне обладнання, а вибір відносно грубої геометрії в додатках для захоплення та відстеження моделей обличчя також може бути мотивований міркуваннями зсуву-варіації при підгонці моделі. В принципі, динамічна сітка, отримана в результаті щільного захоплення руху, може бути розкладена в лінійну модель за допомогою аналізу головних компонент або інших підходів. Однак, моделі моделям PCA не вистачає інтерпретованості Blendshapes. Топологія – це неформальна назва для набору вершин і ребер сіті. Враховуючи існуючий набір моделей Blendshapes із загальною топологією, можна створювати нові грані як зважені комбінації існуючих моделей. Це може бути придатним для створення фонових або "натовпових" персонажів.

3.3.7 Анімація та методи взаємодії

Анімація за допомогою blendshape вимагає вказівки ваг для кожного кадру в анімації. Методи анімації можна умовно розділити на анімацію, керовану продуктивністю, анімацію ключових кадрів і прямі маніпуляції.

Анімація, керована продуктивністю, зазвичай використовується для анімації персонажів, відмінних від актора.

Анімація ключових кадрів.

Моделі Blendshape традиційно анімуються за допомогою анімації вагових коефіцієнтів (повзунків) за ключовими кадрами. Комерційні пакети, такі як Maya, забезпечують сплайнову інтерполяцію ваг і дозволяють задавати дотичні до ключових кадрів. За приблизними підрахунками, професійна анімація вимагає ключовий кадр приблизно кожні три кадри. Багато аніматорів вважають за краще щоб ключові кадри містили ключі для всіх цілей, а не замість того, щоб ставити ключі на кожну криву незалежно.

Анімація, керована продуктивністю.

В анімації обличчя, керованій продуктивністю, рух людини-актора використовується для управління моделлю обличчя. У той час як анімація ключових кадрів зазвичай використовується в анімаційних фільмах зі стилізованими персонажами, анімація, керована продуктивністю, зазвичай використовується для фільмів з візуальними ефектами, в яких персонажі комп'ютерної графіки взаємодіють з відзнятими персонажами та фоном.

Оскільки для створення реалістичних моделей обличчя найчастіше використовують змішані форми, змішані форми та анімацію, керовану продуктивністю, часто застосовують разом. Загальна література з відстеження обличчя в цілому охоплює кілька десятиліть, і повний огляд виходить за рамки цього звіту.

Методи захоплення продуктивності можна класифікувати на ті, які використовують інформацію 3D захоплення руху як вхідні дані, та методи, які відстежують відео на основі моделей відео.

Відстеження Blendshapes на основі моделей розв'язує задачу для ваг Blendshapes на кожному кадрі. Зазвичай ваги обмежуються діапазоном 0...1.

З популярністю і доступністю недорогих комерційних камер глибини (наприклад, Kinect від Microsoft), дослідники розробили ряд методів для використання таких камер для анімації обличчя, керованої продуктивністю. Один з підходів відстежує рух обличчя в реальному часі і переносить його в модель обличчя, яка створюється вручну на офлайн-стадії, і яка є специфічною для конкретного користувача. Останні досягнення включають в себе онлайн-моделювання користувацьких Blendshapes обличчя (без офлайн-етапу) і введення адаптивних коригувальних форм під час виконання для забезпечення високої точності роботи додатків для анімації обличчя.

Клонування експресії.

У техніці клонування експресії рух від однієї моделі обличчя ("джерела") перенаправляється для управління обличчям ("мішенню"), пропорції якого значно відрізняються. Клонування експресії часто є метою виконавської анімації. Наприклад, дорослий актор може виконувати рухи за молодшу або старшу

людину (як у фільмах "Полярний експрес" і "Цікавий випадок Бенджаміна Баттона") або нелюдську істоту (як у фільмі "Аватар" і персонаж Голлум у фільмах "Володар перснів"). Пов'язана з цим проблема є проблема створення повної моделі обличчя мішені, маючи вихідне обличчя джерела, але маючи лише обмежені зразки мішені, як правило, лише нейтральної форми.

Частково автоматизована анімація.

На практиці анімація, керована продуктивністю, рідко використовується без подальшого ручного налаштування. Причиною цього є недостатня точність або помилки в процесі захоплення руху. Наприклад, системи на основі маркерів зазвичай розміщують маркери навколо зовнішньої частини рота і не здатні відстежувати внутрішній контур губ. Аналогічно, більшість систем захоплення руху не відстежують очі або повіки. Існує ще одна важлива причина для редагування анімації, керованої виконавцем: можуть знадобитися зміни в акторській грі. Це може бути пов'язано з тим, що виконання, яке автоматично передається іншому (наприклад, нелюдському) персонажу, може не передавати задуману емоцію. Крім того, режисер фільму може вимагати змін у виконанні. З цих причин життєздатна система захоплення виконання повинна дозволяти подальше ручне редагування артистами. Це є основною причиною, чому існуючі підходи до захоплення виконання використовують змішане представлення форми.

Пряма маніпуляція.

Традиційно Blendshapes анімуються за допомогою анімації ключових кадрів або за допомогою захоплення руху. Хоча підходи зворотної кінематики для позиціонування людських фігур використовуються в анімації вже кілька десятиліть, аналогічні підходи зворотної або прямої маніпуляції для позиціонування облич та встановлення ключових кадрів з'явилися лише нещодавно. У цих підходах замість редагування базових параметрів (як у прямій кінематиці та анімації ключових кадрів) художник безпосередньо переміщує точки на поверхні обличчя, а програмне забезпечення повинно вирішити питання базових ваг або параметрів, які найкраще відтворюють цей рух.

Очевидною проблемою для прямого маніпулювання обличчями є те, що це може бути дуже обмеженою зворотною проблемою – подібною до зворотної кінематики, але більш складною. Наприклад, при русі руки персонажа з використанням зворотної кінематики, аніматор вказує цільову точку (3 ступені свободи), а анімаційна система повинна вирішити близько 10 ступенів свободи, що представляють кути зчленування від руки через плече. У професійній blendshape-моделі аналогічна кількість невідомих ваг може становити 100 і більше. Розв'язання оберненої задачі для Blendshapes прямої маніпуляції означає, що ми знаходимо дискретну функцію, яка задовольняє обмеження, задані маніпуляцією "візьми і перетягни" на 3D-моделі обличчя. Це вимагає відповідної попередньої регуляризації оберненого розв'язку. Отримані ваги потім (зазвичай автоматично) інтерполюються для створення цілої анімації. Важливо зазначити, що професійна анімація вимагає забезпечення як прямої маніпуляції, так і доступу до базових параметрів (повзунків). Інтуїтивно це пов'язано з тим, що деякі редагування просто важче виконати за допомогою прямих маніпуляцій. Насправді легко довести на математичних підставах, що маніпуляції з повзунками обов'язково більш ефективні для деяких редагувань, тоді як зворотне також вірно - прямі маніпуляції обов'язково більш ефективні для інших редагувань. Якщо коротко, то це пов'язано з ефектом розповсюдження множення на матрицю нетотожності. При прямій маніпуляції ваги Blendshapes знаходяться у псевдооберненій залежності від маніпульованих точок, а стовпці псевдооберненої залежності мають тенденцію мати ряд ненульових значень.

Інші техніки взаємодії.

Цей метод пропонує довільний інтерфейс для створення виразів обличчя. Інтерфейс складається з трьох компонентів: полотно для створення виразу обличчя, інтерфейс пензля, який дозволяє користувачеві обирати інтенсивність та затухання мазків, та палітра, де кольори замінені на вирази обличчя. Коли мазок наноситься на полотно обличчя, ваги з обраного виразу обличчя переносяться і змішуються. Після завершення роботи полотно обличчя може бути додано до палітри обличчя і вибрано для створення більш складних виразів. Хоча пряме

маніпулювання має переваги над традиційним редагуванням за допомогою повзунка, більш гнучкий або "ескізний" інтерфейс може бути кращим як для користувачів-початківців, так і для попередньої візуалізації професійної анімації. Розробка системи на основі ескізів, яка взаємодіє з базовою основою Blendshapes, є відкритою проблемою.

ВИСНОВКИ ДО 3 РОЗДІЛУ

На сьогоднішній день "Blendshapes" є провідним підходом до реалістичної анімації обличчя. У той час як більшість алгоритмів у програмному забезпеченні та практиці графічної індустрії можна простежити до оригінальних дослідницьких публікацій, blendshapes незвичайні тим, що як оригінальна ідея, так і деякі останні розробки виникли за межами академічних форумів. Незважаючи на свою популярність, техніка має як невирішені обмеження, так і пов'язані з нею відкриті проблеми.

У 3 розділі було розглянуто методи створення шейпової анімації ялинки, та її подальша анімація і модифікація. Повністю пройдений процес створення моделі, часнинок, анімація перетворення об'єкту, створення текстури моделі та анімація її перетворення. У наступних розділах були описані методи та алгоритми анімації обличчя, розглянуті налаштування, методи побудови та принципи роботи методу Blendshapes та способи його застосування на прикладі анімації обличчя. Це доводить, що шейпова анімація підходить як для простих фігур, так і для складних мімічних анімацій.

4 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЄКТУ

4.1 Опис проекту, призначення

В якості стартап-проєкту пропонується розробка графічної станції з акумулятором, що допоможе новачкам у вивченні інструменту Blendshapes в домашніх умовах, а також за умов постійних збоїв електроенергії. Робоча назва проєкту «Графічна станція для безперебійної роботи з шейповою анімацією». Передбачається, що люди які працюють у програмі Blender, можуть створити собі зручні умови для моделювання та рендерингу вдома, навіть за відсутності електропостачання. Оскільки рендер займає багато часу, станція буде мати акумулятори, що будуть дозволяти завершувати рендер, навіть якщо сталося відключення станції від електропостачання.

4.1.1 Опис існуючих рішень та їх обмеження. Конкуренти

З існуючих рішень, є ігрові комп'ютери, потужність яких дозволяє працювати у програмах для 3D анімацій, але такі комп'ютери не розраховані на рендер важких анімацій та довговічну безперебійну роботу. В умовах відсутності електроенергії люди винаходять різні методи підключення стаціонарних комп'ютерів до електроенергії, щоб забезпечити автономну роботу комп'ютера: це або підключення автомобільних акумуляторів за допомогою інвертора, або використання портативних станцій типу Ecoflow, або Bluetti. Але ці станції потрібно вмикати вручну, що всеодно збиває роботу комп'ютера і перериває процес рендерингу.

4.1.2 Розв'язок проблеми

Графічна станція з акумуляторами дозволяє не переривати процес рендеру анімації, навіть на випадок відключення електроенергії, станція автоматично переходить на акумулятори та продовжує свою роботу.

Особливості цієї станції:

- наявність акумуляторів, що робить можливим безперебійну роботу з програмами створення анімацій
- комплектуючі, що прискорюють процес рендерингу та підтримують потужні програми
- компактність комплексу дозволяє його встановлення замість стаціонарного комп'ютера

4.2 Ринок продукту

Графічна станція розрахована на B2C. Цільова аудиторія користувачів – це люди, що тільки починають свій шлях, або вже працюють аніматорами на фрілансі будуть мати можливість продовжувати працювати з програмою в будь яких умовах та будь де. Також, як додаткова аудиторія, це можуть бути компанії, які хочуть створити якісні робочі умови з невеликими затратами, та забезпечити працездатність робочого місця працівника.

4.3 Бізнес модель “Канвас”. Можливі прибутки

1. Автономна графічна станція спрямована на сегмент, спрямований на початківців та професійних споживачів, а також студій, які забезпечують робоче місце працівникам.

2. Ключовими цінностями запропонованої графічної станції – є її автономність і можливість продовжувати роботу певний час без електроенергії

3. Каналами розповсюдження як збуту є інтернет-магазини техніки, спеціалізовані магазини техніки для аніматорів. Додатковими каналами можуть бути тематичні телеграм-канали та об'єднання людей за схожими інтересами.

4. Ідея розвитку програмного комплексу передбачає технічну підтримку інженерів, та зворотній зв'язок для допомоги з налаштуваннями системи.

5. Прибутком даного стартапу є безпосередній продаж готових комплексів.

6. Першочерговими заходами з реалізації проєкту буде створення прототипу першої станції, налаштування розміщення на інтернет-площадках та розміщення таргету в соціальних мережах.

7. Ключовими партнерами розробки та реалізації станції можуть стати спеціалізовані інтернет-площадки та студії, які зацікавлені у встановленні такого обладнання для своїх співробітників.

8. Початкові витрати будуть спрямовані на реалізацію перших прототипів та подальшу рекламу і продаж графічних станцій.

4.4 Маркетинг. Сильні та слабкі сторони продукту

Передумовою до появи та розповсюдження графічної станції можна вважати: створення перших робочих прототипів та передача прототипів у масове виробництво, публікація графічних станцій на інтернет-площадках. Моживості до розвитку – відгуки перших клієнтів.

Загрозою для графічною станції може бути велика вартість встановлення та забезпечення такої станції, а також наявність більш бюджетних рішень.

Сильними сторонами графічної станції є її автономність та велика потужність, яка здатна забезпечити стабільну та безперебійну роботу певний проміжок часу та достатньо швидко провести рендер файлів.

Слабкими сторонами проєкту залишається обмежений проміжок часу, коли станція може працювати без електроенергії, велика вартість та наявність більш доступних рішень. Перелічені слабкі сторони визначають низьку ймовірність

загрози, оскільки продукт має свою визначену цільову аудиторію та буде мати попит на території України та закордоном.

4.5 Прогнозування розвитку проєкту

Старт проєкту заплановано на березень 2023 року. Час на розробку проєкту визначено на рівні року. Перші півроку на розробку робочих прототипів та ведення переговорів з інтернет-площадками. Далі – перехід у масове виробництво та активне просування продукту через рекламу в соціальних мережах і перші продажі. Збільшення продажів до 20 одиниць на місяць та розширення на масовий ринок. Команда проєкту складається з 10 осіб, де є керівник проєкту, інженери, дизайнери, маркетолог, та інші співробітники.

Передбачається також проведення опитування серед перших клієнтів та внесення коректив у робочу конструкцію з подальшим розширенням лінійки різними моделями з інакшою комплектацією.

4.6 Ціннісна пропозиція

На даний момент графічна станція є на стадії розробки. Для створення першого прототипу необхідно 70 тис. Грн., та на підтримку працездатності проєкту необхідно ще 70 тис. Грн. У цю сумму входить оплата роботи інженерів та оплата за оренду маркетплейсу на інтернет-ресурсах. Також, для створення перших готових для продажу прототипів, необхідна сума 350 тис. Грн. На початковому рівні кошти на утримання продукту передбачаються з коштів інвесторів з поступовим переходом на дохід від продажу продукту.

4.7 План реалізації стартапу

Місією стартапу є створення робочої станції для аніматорів-фрілансерів, яка допоможе їм працювати в умовах нестабільної подачі електроенергії до оселі. У

основі конструкції лежать комплектуючі, що розраховані на великі потужності та наявність акумулятора, на який автоматично переходить станція у випадку зникнення подачі напруги на блок живлення.

План реалізації стартапу:

- Розробка робочої схеми у команді з інженерами-спеціалістами та закупівля необхідних комплектуючих;
- Збірка першого робочого прототипу та проведення тестування, введення корективів;
- Розробка дизайну графічної станції, створення перших моделей, готових до продажу та розміщення їх на маркетплейсах;
- Запуск таргетованої реклами у соціальних мережах та на тематичних платформах;
- Розширення лінійки моделей та запуск масового виробництва партіями по 20 екземплярів;
- Вихід за межі Українського ринку та збільшення рівня продажів не тільки серед вузьконаправлених спеціалістів;
- Створення окремого інтернет-магазину, що буде орієнтований на міжнародний ринок та налагодження етапів виробництва.

ВИСНОВКИ ДО 4 РОЗДІЛУ

В якості стартапу був запропонований проєкт розробки та популяризації автономної графічної станції, з метою дати можливість анміторам-фрілансерам в Україні працювати без обмежень та незалежно від наявності постійної стабільної електроенергії. Визначено переваги та недоліки проєкту, розроблений план реалізації, створена бізнес модель «Канвас». Представлена також стратегія розробки проєкту та зазначене необхідне фінансування для старту проєкту, що дозволяє вийти на великий міжнародний ринок вже в 2024 році. Перевагою запропонованої ідеї є її компактність, автономність та швидкість роботи.

ВИСНОВКИ

Магістерська дисертація присвячена розгляду методів, алгоритмів та принципів анімації за допомогою Blendshapes, що дозволяє анімувати від простих шарів, до виразів облич та міміки у програмі Blender.

За підсумками проведеного дослідження та проведеного моделювання було виділено наступне:

1. Розглянута теорія створення, історія виникнення та проаналізовані 12 принципів анімації. Проведений аналіз різних видів анімацій та виділені основні методи створення сучасної анімації. Додатково представлені різні методи створення анімації та виділені їх особливості.

2. У другому розділі магістерської роботи розглянуто детально шейпову анімацію, її методи та роботу модифікаторів. Особливу увагу в цьому розділі присвячено способу створення шейпового шару. На відміну від покадрової анімації, де рух об'єкта промальовує рух об'єкта, при створенні шейпового шару потрібно задати початкове положення і останнє положення. Далі алгоритм затягує рух саме по заданій траєкторії.

3. У практичній частині було розглянуто методи моделювання та створення анімації на основі редагування шейпів. Розроблена модель ялинки, яка була деформована та анімована. Також були описані алгоритми роботи методу Blendshapes для анімації обличчя та розглянуті методи роботи з мімікою. Зокрема, наведено особливості нанесення текстур для створеного в роботі візуального об'єкту в програмі Blender. І окремо проведено для цієї моделі об'єкту дослідження різних видів шейпової анімації. В якості прикладу показана робота шейпової анімації в режимі пропорційного редагування Root. Додатково визначено особливості стосовно використання моделей Blendshape через реалізацію семантичної параметризації виразу обличчя.

4. В частині опису стартап-проєкту було запропоновано розробити автономну графічну станцію. Окремо визначено план реалізації проєкту, продумані ризики та переваги. Детально розписаний послідовний план дій та

необхідне бюджетування проєкту. Зокрема, зазначено, що для успішної реалізації потрібно розробити дизайн продукту та реалізувати таргет-план з представлення продукту аудиторії.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Ендрю Селбі Анімація: підручник / Е. Селбі – 2018. -223с.
2. Річард Вільямс Анімація. Посібник з виживання / Р. Вільямс 2018. -382с.
3. A Guide to the History of Animation [Електронний ресурс] : тематичний сайт.
– Режим доступу до ресурсу: <https://www.masterclass.com/articles/a-guide-to-the-history-of-animation>
4. Animation [Електронний ресурс] : тематичний сайт. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.britannica.com/art/animation>
5. The History Of Animation [Електронний ресурс] : сайт з історії анімації. – Режим доступу до ресурсу: <https://history-of-animation.webflow.io>
6. 5 Forms of Animation [Електронний ресурс] : сайт з історії анімації. – Режим доступу до ресурсу: <https://affordableschools.net/lists/5-types-of-animation/>
7. THE 12 PRINCIPLES OF ANIMATION, UPDATED FOR THE MODERN AGE [Електронний ресурс] : сайт з принципами анімації. – Режим доступу до ресурсу: <https://scifi.radio/2017/09/07/12-principles-animation-updated-modern-age/>
8. The 12 Principles of Animation (With Examples) [Електронний ресурс] : сайт з принципами анімації. – Режим доступу до ресурсу: <https://idearocketanimation.com/13721-12-principles-of-animation-gifs/>
9. The 12 Principles of Animation (With Examples) [Електронний ресурс] : сайт з принципами анімації. – Режим доступу до ресурсу: <https://idearocketanimation.com/13721-12-principles-of-animation-gifs/>
10. Shape Keys [Електронний ресурс] : Blender сайт фірми розробника, опис функцій. – Режим доступу до ресурсу : https://docs.blender.org/manual/en/latest/animation/shape_keys/index.html
11. Using Shape Keys in Blender [Електронний ресурс] : Blender сайт фірми розробника, опис функцій. – Режим доступу до ресурсу : <https://chocofur.com/page/using-shape-keys-in-blender>

12. S. Lefebvre and M. Spagnuolo Practice and Theory of Blendshape Facial Models: стаття / S. Lefebvre and M. Spagnuolo EUROGRAPHICS 2014. -20 с.

ДОДАТОК А
SUMMARY

SUMMARY

Master's thesis is devoted to the methods, algorithms, and principles of animation using Blendshapes, which allows you to animate from simple layers to facial expressions and facial expressions in Blender.

According to the results of the research and simulation, the following were highlighted:

1. The theory of creation, history and analyzed 12 principles of animation. The analysis of different types of animation, and highlighted the basic methods of creating modern animation. Additionally, various methods of creating animation are presented and their features are highlighted.

2. The second section of the master's work describes in detail the shape animation, its methods, and the work of modifiers.

3. In the practical part, the methods of modeling and creating animation based on editing shapes were considered. A model of a Christmas tree was developed, which was deformed and animated. The algorithms of the Blendshapes method for face animation were also described and methods of working with facial expressions were considered.

4. As part of the description of the startup project, it was proposed to develop an autonomous graphics station. The project implementation plan was defined separately, risks and benefits were thought out. A sequential action plan and the necessary project budgeting are described in detail. In particular, it is noted that for successful implementation it is necessary to develop a product design and implement a targeted plan for presenting the product to the audience.

Animation is the process of bringing illustrations or inanimate objects to life using moving images. Animation techniques use photographs and drawings to create the illusion of movement and present a narrative to viewers on the screen. Some consider early Greek pottery to be an early form of animation, depicting scenes of movement and expressions along its surface, much like comic strips.

The theory of animated cartoon preceded the invention of cinema by half a century. The first experimenters, working on creating talking plays for Victorian salons or new sensations for touring magic lantern shows, which were a popular form of entertainment, discovered the principle of persistence of vision.

An object that was created in vector graphics can be stretched and shaped. This technology is called shape animation. The shape language is much more than just a few geometric shapes. They all represent different ideas, each of them has its own purpose. Shape animation is a technology in which geometric objects change, stretch, transform into any other shape, animation of shapes using vector shapes. By assigning points, which are keys, shapes are transformed from one to another. In this type of animation there is a limitation of mechanics: the animation must be a separate layer and a single drawn figure, does not contain any symbols. Thanks to this technology, objects have become dynamic: they move harmoniously, change. Object animation is as close as possible to frame-by-frame animation. Sometimes it is considered the closest type of animation to the classical one. Behind every movement of every object on the screen there is always painstaking work of the animator. Let's consider this technique in more detail. Object animation allows you to smoothly transform one contour into another. We can apply it to inconsistent counters. For example, if you need a square to smoothly turn into a circle or a rabbit silhouette to smoothly flow into a wolf silhouette. You give two keyframes with some distance from each other and it is calculated.

In a separate frame a vector shape is drawn, and in another frame this shape is changed or a new shape is drawn. The program then interpolates the shapes for the intermediate frames, creating an object of one shape that flows into another shape. If you have two keyframes, you will make the first keyframe active and select the panel properties for the plug-in shape. The frames on the timeline will be colored green and a needle should appear from the first frame to the second. As a result, you will get a series of intermediate frames that will transform the movement of the first figure to the second.

Unlike frame-by-frame animation, where the movement of the object traces the movement of the object, here you need to set the initial position and the last position. Then the algorithm drags the movement along the specified trajectory. This type of animation technology is based on the initial and final frames. Everything that is between them is interpolated by a given algorithm.

The animation process is improved by modifiers - an advanced animation technology. Modifiers allow you to set objects a certain sequence of actions, it is a programmed specific behavior of the object, which can be applied to any shape layer and adjust the physics to individual settings of the object's behavior.

Modifiers are automatic operations that affect the geometry of an object in a non-destructive way. With modifiers, you can automatically perform many effects that would otherwise be too tedious to do manually (such as subdivision surfaces) without affecting the underlying geometry of your object. They work by changing the way an object is displayed and rendered, but not the geometry, which can be edited directly.

There are four categories of modifiers in Blender.

Modify. These are tools similar to the Deform tools, but usually they do not directly affect the geometry of the object, but some other data, such as vertex groups.

Generate. These are constructive/destructive tools that will affect the entire mesh topology. They can change the overall appearance of the object or add new geometry to it.

Deform. Unlike the Generate category above, they only change the shape of the object without changing its topology.

Simulate. They are simulations of physics. In most cases they are automatically added to the modifier stack whenever the particle system or physics simulation is enabled. Their only role is to define the position on the modifier stack from which the underlying data for the simulation they represent is taken. As such, they usually have no attributes and are controlled by settings presented in separate property sections.

Modifier stack. Modifiers are a series of non-destructive operations that can be applied on top of an object's geometry. They can be applied in almost any order. This

kind of functionality is often called a "modifier stack" and it is also found in several other 3D applications.

Modifiers are computed from top to bottom in the stack. The desired result (right) is achieved by first mirroring the object and then calculating the subdivision surface.

For a better understanding of Shape Keys, let's consider its modes of operation on the example of a Christmas tree shape. Shape Keys are used to deform objects into new shapes for animation. In other terminology, shape keys can be called "morphing targets" or "shape blending".

The most popular use cases for shape keys are character facial animation, and skeletal framework customization and refinement. They are especially useful for modeling organic soft parts and muscles where there is a need for more control over the resulting shape than can be achieved with a combination of rotation and scaling.

Shape Keys can be applied to vertex object types such as mesh, curve, surface, and lattice. A mesh (curve, surface or lattice) has a stack of shape keys. The stack can be of relative or absolute type.

Relative.

It is mainly used for muscles, limb joints and face animation. Each shape is defined relative to the base or another specified shape key. The resulting effect, visible in 3D View, also called Mix, is the cumulative effect of each shape with its current value. Starting from the base shape, the result is obtained by adding the weighted relative displacement of each shape to its reference key.

Absolute.

Mainly used to deform objects into different shapes over time. Each shape defines what the shape of the object will be at the moment of evaluation time specified in its value. The resulting shape, or Mix, is an interpolation of the previous and the next shape, taking into account the current evaluation time.

In order to give a certain shape to the mesh, there are proportional editing modes. Proportional editing is a way of transforming selected elements that also affects adjacent

unselected elements. The further away the unselected element is, the less it will be affected (hence "proportional"). This feature is very useful for smooth deformation of dense meshes.

As a startup project, it is proposed to develop a graphics station with a battery that will help beginners to learn the Blendshapes tool at home, as well as in conditions of constant power outages. The working title of the project is "Graphics station for uninterrupted work with shape animation". It is assumed that people working in Blender can create comfortable conditions for modeling and rendering at home, even in the absence of electricity. Since rendering takes a lot of time, the station will have batteries that will allow you to complete the rendering, even if there is a power outage.

Among the existing solutions, there are gaming computers whose power allows you to work in 3D animation programs, but such computers are not designed to render heavy animations and long-term uninterrupted operation. In the absence of electricity, people invent various methods of connecting stationary computers to electricity to ensure autonomous operation of the computer: either connecting car batteries using an inverter, or using portable stations such as Ecoflow or Bluetti. But these stations need to be turned on manually, which still disrupts the computer and interrupts the rendering process.

Graphic station with batteries allows you not to interrupt the process of rendering animation, even in case of power outage, the station automatically switches to batteries and continues its work.

Features of this station:

- the presence of batteries, which makes possible uninterrupted work with animation programs
- components that accelerate the rendering process and support powerful programs
- compactness of the complex allows its installation instead of a desktop computer

The graphics station is designed for B2C. The target audience of users is people who are just starting their way, or already working as freelance animators will be able to continue working with the program in any conditions and anywhere. Also, as an additional audience, it can be companies that want to create high-quality working conditions at low cost, and ensure the efficiency of the employee's workplace.

The prerequisite for the emergence and distribution of the graphic station can be considered: the creation of the first working prototypes and the transfer of prototypes to mass production, the publication of graphic stations on the Internet. Opportunities for development - feedback from the first customers.

A threat to the graphic station may be the high cost of installing and providing such a station, as well as the availability of more budget solutions.

The strengths of the graphics station are its autonomy and high power, which is able to provide stable and uninterrupted operation for a certain period of time and quickly enough to render files.

The weaknesses of the project are the limited period of time when the station can work without electricity, the high cost and the availability of more affordable solutions. The listed weaknesses determine a low probability of threat, since the product has its own defined target audience and will be in demand in Ukraine and abroad.

The mission of the startup is to create a workstation for freelance animators that will help them work in conditions of unstable electricity supply to the home. The design is based on components designed for high power and the presence of a battery, which automatically switches to the station in case of a power outage.

Startup implementation plan:

- Development of a working scheme in a team with specialist engineers and purchase of the necessary components;
- Assembling the first working prototype and testing, making adjustments;
- Design of the graphic station, creation of the first models ready for sale and their placement on marketplaces;
- Launch of targeted advertising in social networks and on thematic platforms;

- Expanding the line of models and launching mass production in batches of 20 copies;
- Going beyond the Ukrainian market and increasing sales not only among narrowly focused specialists;
- Creating a separate online store that will be focused on the international market and establishing production stages.

As a startup, a project was proposed to develop and popularize an autonomous graphics station in order to enable freelance animators in Ukraine to work without restrictions and regardless of the availability of constant stable electricity. The advantages and disadvantages of the project were identified, an implementation plan was developed, and the Canvas business model was created. The project development strategy is also presented and the necessary funding for the project start is indicated, which allows to enter a large international market in 2024. The advantage of the proposed idea is its compactness, autonomy and speed of operation.