

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерних наук
(повна назва)

Кафедра Медіасистеми та технології
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
Пояснювальна записка

рівень вищої освіти другий (магістерський)
(рівень вищої освіти)

Дослідження методів автоматизації процесів у Moho Pro
для створення анімації
(тема)


Виконав:
Здобувач другого курсу
групи ТЕМВм-23-1


Криворучко М.О.


Спеціальності 186 Видавництво та поліграфія

Тип програми Освітньо-професійна

Освітня програма
Технології електронних мультимедійних видань

Керівник  Дейнеко Ж.В.

Допускається до захисту
Зав. кафедри МСТ


(підпис)

Дейнеко Ж.В.
(прізвище, ініціали)

2025 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет _____ Комп'ютерних наук _____
Кафедра _____ Медіасистеми та технології _____
Рівень вищої освіти _____ другий (магістерський) _____
Спеціальність _____ 186 Видавництво та поліграфія _____
Тип програми _____ Освітньо-професійна _____
Освітня програма _____ Технології електронних мультимедійних видань _____
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри МСТ _____
(підпис)

« 18 » листопада 2024р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

здобувачеві _____ *Криворучку Максиму Олександровичу* _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *Дослідження методів автоматизації процесів у Moho Pro для створення анімації*

затверджена наказом по університету від _____ 8 листопада 2024 р. № 1191 Ст _____

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії _____ 22 січня 2025 р. _____

3. Вихідні дані до роботи

Методи та принципи розробки 2D-персонажів, рігінгу та створенню анімації; Версія Moho Pro (наприклад, Moho Pro 13.5); Smart Bones (розумні кістки для спрощення анімації); Actions (створення дій для автоматизації повторюваних рухів); Scripting (скрипти для автоматизації завдань); Плагіни та додаткові модулі; Стандарти якості анімації (роздільна здатність, частота кадрів, стиль анімації).


4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі

Аналіз завдання на кваліфікаційну роботу; Актуальність програмного забезпечення Moho Pro; Основні положення рігінгу та проектування рігу; Побудова основних кісток; Інверсна кінематика, як засіб автоматизації позиціонування; Smart Bones; Налаштування динаміки кісток; Стилізація векторних шейпів; Просунуті засоби автоматизації рігінгу і анімації; Деформери; Змішування Smart Bones; Інноваційний метод рігінгу stoni Foot Roll; Vitruvian Bones; Заготовка шаблонів анімації та поз в панелі екшенів; Керування скелетом за допомогою скрипта MR Pose Tool; Скрипти для Moho Pro; Визначення критеріїв для оцінювання; Визначення мети та завдань експериментального дослідження; Економічна частина; Розрахунок одноразових витрат на розробку НДР; Визначення економічної ефективності результатів НДР; Висновки; Додаток.

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій

Мета та задачі дослідження; Актуальність роботи; Огляд базових засобів автоматизації; Огляд просунутих засобів автоматизації; Постановка задачі дослідження; Основна гіпотеза; Етапи експериментального дослідження; Огляд практичного застосування методів автоматизації; Експертне оцінювання і його результати; Економічна частина; Висновки.

6. Консультанти розділів роботи

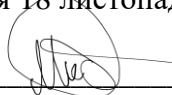
Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата
Основна частина	проф. Дейнеко Ж.В.		22.01.2025
Економічна частина	ас. Помогалова Н.В.		21.01.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз предметної області	11.11.2024- 15.11.2024	виконано
2	Постановка завдань дослідження	16.11.2023- 22.11.2024	виконано
3	Аналіз технологій 2D-рігінгу	23.11.2023- 02.12.2024	виконано
4	Дослідження сучасних інструментів та можливостей програмного забезпечення для розробки 2D-анімації	03.12.2024- 16.12.2024	виконано
5	Перевірка розроблених рігів для персонажів, аналіз отриманих результатів	17.12.2023- 27.12.2023	виконано
6	Засоби автоматизації рігінгу і анімації	28.12.2024- 14.01.2025	виконано
7	Експериментальне дослідження	15.01.2025- 17.01.2025	виконано
8	Аналіз результатів експериментального дослідження	17.12.2023- 27.12.2023	виконано
9	Економічна частина	02.01.2025- 15.01.2025	виконано
10	Оформлення пояснювальної записки	18.01.2025- 19.01.2025	виконано
11	Оформлення графічної частини, підготовка презентації	21.01.2025	виконано

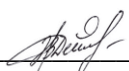
Дата видачі завдання 18 листопада 2024 р.

Студент


(підпис)

Криворучко М.О.

Керівник роботи


(підпис)

Дейнеко Ж.В.
(посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи: 73 с., 5 табл., 30 рис., 1 дод., 21 джерела.

2D АНІМАЦІЯ, РІГІНГ, АВТОМАТИЗАЦІЯ, МОНО PRO, СКРИПТ, ВЕКТОРНА АНІМАЦІЯ, ПЕРСОНАЖ, КІСТКИ.

Робота присвячена дослідженню методів автоматизації процесів у MoHo Pro для створення анімації. Метою роботи є детальний аналіз технологій 2D-рігінгу, дослідження сучасних інструментів та можливостей програмного забезпечення для розробки 2D-анімації, перевірки практичності на прикладі розроблених рігів, формуванні низки практичних рекомендацій щодо їх використання та оцінка їхнього впливу на кінцевий результат роботи. Розробка методів автоматизації процесів у MoHo Pro для прискорення створення 2D-анімації.

У роботі представлено детальний опис та аналіз існуючих методів рігінгу персонажів та взаємодії зі скелетом при створенні анімації, розроблено практичні рекомендації для впровадження методів автоматизації, включаючи авторські рішення, проведено порівняльний аналіз та оцінку ефективності досліджуваних методів рігінгу та інструментів шляхом залучення експертів для оцінювання, виявлено кращі альтернативи, оцінено економічну ефективність дослідження.

ABSTRACT

Explanatory note of qualification work: 73 p., 5 tabl., 30 pic., 21 sources.

2D ANIMATION, RIGGING, AUTOMATION, MOHO PRO, SCRIPT, VECTOR ANIMATION, CHARACTER, BONES.

This thesis is dedicated to the exploration of automation methods in Moho Pro for animation creation. The primary objective is to conduct a detailed analysis of 2D rigging technologies, investigate modern tools and software capabilities for 2D animation development, evaluate their practicality through the design of custom rigs, formulate practical recommendations for their use, and assess their impact on the final animation outcomes. Developing process automation methods in Moho Pro to speed up the creation of 2D animation.

The study provides a comprehensive description and analysis of existing rigging methods for character animation and skeletal interactions, develops practical guidelines for implementing automation techniques, including proprietary solutions, and conducts a comparative analysis to evaluate the efficiency of studied rigging methods and tools. Expert assessments are utilized to identify the best alternatives, and the economic feasibility of the proposed solutions is also examined.

ЗМІСТ

	С.
СКРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ	8
ВСТУП.....	9
1 ОГЛЯД МАТЕРІАЛІВ ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	11
1.1 Актуальність програмного забезпечення Moho Pro	11
1.2 Основні положення ригінгу	12
1.2.1 Проектування майбутнього ригу	13
1.2.2 Побудова основних кісток	15
1.3 Базові засоби автоматизації ригінгу і анімації.....	16
1.3.1 Автоматизація побудови кінцівок	16
1.3.2 Інверсна кінематика, як засіб автоматизації позиціонування	20
1.3.3 Smart Bones	21
1.3.4 Налаштування динаміки кісток	23
1.3.5 Стилзація векторних шейпів.....	24
1.4 Просунуті засоби автоматизації ригінгу і анімації.....	26
1.4.1 Деформери	26
1.4.2 Змішування Smart Bones	28
1.4.3 Інноваційний метод ригінгу стопи Foot Roll	29
1.4.4 Vitruvian Bones.....	31
1.4.5 Заготовка шаблонів анімації та поз в панелі екшенів.....	33
1.4.6 Керування скелетом за допомогою скрипта MR Pose Tool.....	34
1.5 Скрипти для Moho Pro	36
1.6 Порівняльний огляд методів розробки ригу та корисних інструментів	38
2 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ	39
2.1 Обґрунтування доцільності дослідження та визначення ключових завдань.....	39
2.2 Визначення критеріїв для оцінювання	40
2.3 Визначення основної гіпотези дослідження	41

2.4 Висновки з розділу	42
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА КВАЛІФІКАЦІЙНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ	43
3.1 Визначення мети та завдань експериментального дослідження	43
3.2 Основні етапи експериментального дослідження	44
3.2.1 Огляд особливостей Рігу №1	45
3.2.2 Огляд особливостей Рігу №2	46
3.2.3 Огляд особливостей Рігу №3	52
3.2.4 Огляд експерименту	55
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	61
4.1 Характеристика науково-дослідної роботи.....	61
4.2 Етапи виконання НДР, їх трудомісткість та заробітна плата	61
4.3 Розрахунок одноразових витрат на розробку НДР.....	63
4.4 Оцінка результатів науково-дослідної роботи.....	67
4.5 Визначення економічної ефективності результатів НДР	68
ВИСНОВКИ	70
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	72
ДОДАТОК А Анкета для експертів	74

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

Шейп – векторна форма, що утворюється векторними точками та лініями, може мати заливку та обведення.

Ріг – модель персонажу зі скелетом, що контролює рух усіх частин тіла.

Рігінг – процес створення скелету моделі персонажа.

ПЗ – програмне забезпечення.

Таргет – кістка, що впливає на нахил та розмір іншої кістки, яка прагне досягти дотику з таргетом.

Екшн (action) – сценарій поведження елементів скелету, шейпів чи їх характеристик при маніпулюванні спеціальними кістками.

Смартбон (Smart Bone) – кістка, при зміні характеристик якої спрацьовує екшн – заданий сценарій поведження конкретних елементів рігу.

Таймлайн (timeline) – частина інтерфейсу програми, де відображаються ключові кадри та структурні елементи відео в хронологічному порядку.

Деформер – елемент рігу у вигляді векторної лінії, що, змінюючи кривизну та положення точок, впливає на деформацію кінцівки.

В'юпорт – елемент інтерфейсу програми, де користувач здійснює інтерактивну взаємодію з елементами сцени та сприймає візуальну частину проєкту (робоча область).

Скрипт – це програма, яка автоматизує деяке завдання, яке без сценарію користувач робив би вручну, використовуючи первинний функціонал програми.

Ліпсинк – це техніка в анімації, кінематографі та інших медіа, яка забезпечує синхронізацію рухів губ персонажа з аудіозаписом мови або співу

ВСТУП

В умовах стрімкого розвитку анімаційної індустрії та зростання попиту на цифровий контент, автоматизація творчих процесів стає ключовою складовою ефективної роботи художників та аніматорів.

Компанії виділяють досить багато ресурсів для постійного пошуку шляхів, що допоможуть автоматизувати певні процеси. Автоматизація забезпечує підвищення продуктивності, надійності та зниження витрат, дозволяючи співробітникам зосередитися на завданнях, які вимагають їхньої експертизи, а не на рутинній роботі.

Ця думка відображає важливість автоматизації і оптимізації процесів. Це є особливо цінним у творчих індустріях, де автоматизація дозволяє зосередитися на інноваціях і творчості, залишаючи рутинні завдання автоматизованим системам.

ПЗ MoHo Pro є одним з інноваційних інструментів, що забезпечує широкий набір функцій для створення 2D-анімації, зокрема для малювання персонажів, рігінгу та їхньої анімації. Специфікою даної програми є надзвичайна зручність у створенні саме персонажної 2D-анімації. Однак навіть у цьому високотехнологічному середовищі можливості для автоматизації процесів залишаються не повністю розкритими. Дане дослідження має на меті оцінити ефективність автоматизації окремих етапів роботи в MoHo Pro та запропонувати методи, що спростять роботу з рігінгом, малюванням персонажів і анімацією, прискорять виконання рутинних завдань, підвищать якість анімації та знизять потребу в ручних операціях.

Мета даного магістерського кваліфікаційного дослідження полягає в аналізі існуючих методів автоматизації процесів для створення анімації в програмі MoHo Pro, перевірки їхньої практичності на прикладі розроблюваних рігів, формуванні низки практичних рекомендацій щодо їх використання та оцінка їхнього впливу на кінцевий результат роботи.

Актуальність теми кваліфікаційного дослідження полягає в тому, що на сучасному етапі анімаційне виробництво переживає зростаючу потребу в оптимізації творчих процесів через високі вимоги до швидкості та якості кінцевого продукту. Програма MoHo Pro надає потужні засоби для створення анімації, проте велика кількість процесів досі вимагає значних трудових і часових ресурсів.

Завдяки автоматизації рутинних операцій, використанні додаткових інструментів, застосуванню новітніх методів рігінгу та аналітичному підходу до поставлених задач, можна значно підвищити продуктивність та знизити ризик людських помилок. Це робить дане дослідження актуальним для професіоналів, які прагнуть ефективніше використовувати можливості програмного забезпечення MoHo Pro та досягати високої якості результатів з меншими витратами часу.

Для досягнення мети були використані такі методи дослідження, як аналіз існуючих розробок сфери технологій анімації, аналіз інформаційних джерел з обраної області, систематизація зібраного за темою матеріалу, аналіз вимог, емпіричне дослідження та експеримент, оцінка ефективності. Інформаційну базу проекту складають літературні джерела, навчальні джерела і ресурси в мережі Інтернет.

1 ОГЛЯД МАТЕРІАЛІВ ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Актуальність програмного забезпечення MoHo Pro

Для професіоналів сфери анімації дуже важливо орієнтуватися в стрімкому розвитку програмних продуктів, не залежно від напрямку діяльності. У сфері розробки 2D-анімації одним з найпопулярніших програмних продуктів є MoHo Pro. Причини високого рівня зацікавленості користувачів і компаній в даній програмі є низка факторів, що пов'язані не тільки з вбудованими функціями та можливостями самої програми, а й активним колом професіоналів, що різними засобами розвивають теоретичне та практичне підґрунтя роботи в програмі й діяльності в сфері анімації в цілому.

Серед напрацювань спільноти користувачів слід виділити велику кількість навчальних матеріалів, що спираються на власний досвід роботи в програмі, та освітлюють методи рігінгу, розробку анімації, інструкції та рекомендації до застосування певних інструментів, висвітлення унікальних випадків та авторських рішень з роботи над комерційними та власними проєктами.

Окремим спадком спільноти користувачів MoHo Pro є велика кількість додаткових програмних засобів або скриптів, що реалізують відсутній в програмі функціонал, розширюють наявні функції інструментів, удосконалюють робочі команди та автоматизують складні та легкі рутинні процеси під час роботи в програмі. Усі скрипти для MoHo пишуться на базі швидкої і компактною скриптові мови програмування Lua. Скрипти вже стали невід'ємною частиною робочого процесу професійних аніматорів, художників та спеціалістів з рігінгу, що не пройшло повз розробників самого ПЗ MoHo Pro.

У новій версії програми MoHo 14 розробники запровадили новий інтерфейс скриптіngu до Lua 5.4.4, що дозволяє створювати більш складні та

комплексні скрипти та плагіни, що свідчать про великі перспективи у галузі розробки нових інструментів, а разом з ними й нових методів розробки анімації [2].

Керуючись професійною літературою сфери анімації, напрацюваннями аніматорів та спеціалістів з розробки персонажів в MoHo, можна виділити певні особливості та методи в розробці рігу персонажів, що допоможуть зрозуміти різницю між різними підходами, виокремити доречні способи і інструменти автоматизації певних процесів, порівняти їх і сформулювати власний підхід, що поєднає в собі найкращі риси аналогів.

1.2 Основні положення рігінгу

Анімація персонажів є невід'ємною складовою сучасного виробництва мультимедійного контенту. У цьому процесі рігінг відіграє велике значення, оскільки саме на цьому етапі створюється основа для подальшого управління рухами персонажів. Рігінг дозволяє аніматорам ефективно задавати позиції, виконувати складні трансформації та автоматизувати повторювані дії. У програмному забезпеченні MoHo Pro рігінг має власні специфічні особливості, що робить цей процес водночас універсальним і гнучким.

В даному розділі розглядаються основні теоретичні аспекти рігінгу, які є важливими для розуміння принципів побудови скелетних структур та їхньої інтеграції з елементами персонажа. Особливу увагу приділено специфіці використання інструментів MoHo Pro для забезпечення ефективної анімації. Аналіз цих аспектів є відправною точкою для досягнення мети роботи.

Рігінг у MoHo Pro представляє собою комплексний процес створення скелетної структури, яка забезпечує управління персонажем або об'єктом. Цей процес включає створення кісток, прив'язку елементів до скелета, налаштування додаткових параметрів для розширення функціоналу. У MoHo Pro кістки є основним елементом скелета, що дозволяє задавати точки опори та трансформації для окремих частин персонажа. Різноманіття типів кісток,

зокрема звичайних та розумних (Smart Bones), відкриває широкі можливості для автоматизації та деталізації рухів.

Особливістю прив'язки елементів у MoHo Pro є можливість гнучкого налаштування взаємодії між кістками та точками, шарами або групами шарів. Це дозволяє точно контролювати, які ділянки персонажа будуть рухатися під впливом кожної кістки.

Інтеграція з фізичними симуляціями, такими як гравітація чи пружність, додає додаткового рівня реалістичності до рухів персонажа. MoHo Pro дозволяє налаштовувати ці параметри для забезпечення природної взаємодії між об'єктами. Крім того, можливість автоматизації рухів за допомогою динамічних прив'язок та автоматичних ключових кадрів оптимізує робочий процес і зменшує час, необхідний для створення анімації.

Унікальною перевагою рігінгу в MoHo Pro є високий рівень деталізації та гнучкість, що дає змогу створювати анімацію будь-якого рівня складності. Цей підхід поєднує ручне налаштування з автоматизованими процесами, забезпечуючи ефективність і якість у створенні анімаційних проєктів [21].

1.2.1 Проєктування майбутнього рігу

Важливо розуміти, що найвагомим фактором на початку створення рігу персонажу є його призначення та роль у майбутньому анімаційному продукті. До факторів, що визначають майбутній функціонал та структуру рігу слід відносити наступні аспекти:

- концепція анімаційного продукту (особливості, що відрізняють стиль та напрям анімації);
- відносна кількість екранного часу персонажа;
- визначений діапазон функціоналу та перелік майбутніх дій персонажа, якщо такі є.

Оскільки автоматизація процесів, частіше за все, потрібна в роботі над великою кількістю задач, комплексних проєктах та при великих об'ємах

виробництва, краще за все розглядати запропоновані у роботі рішення через призму багатосерійного мультиплікаційного продукту.

Серед персонажів будь-якого мультфільму можна виділити тих, хто має головну роль та другорядну. Цей критерій безумовно пов'язаний з кількістю екранного часу у персонажа, необхідністю персонажа виконувати ті чи інші рухи (в більшій або меншій кількості, відповідно), мати більш широкий спектр емоцій, бути адаптованим для появи перед глядачем зі змінами у зовнішності, одязі, здатним вільно взаємодіяти з оточуючим його світом і предметами та, що дуже важливо, мати високу якість візуальної складової анімації і, як наслідок, якісний ріг. Таким чином, саме головні персонажі повинні мати найширший функціонал скелету, відчутну зручність в використанні при анімації та автоматизовані елементи в процесах взаємодії з ними. Це твердження не виключає важливості якісного рігінгу другорядних персонажів, проте вони зазвичай можуть успішно використовуватися при менш поглибленому підході до розробки.

На прикладі проектування рігінгу головного персонажа слід розглянути питання вибору між векторною та растровою графікою при малюванні.

У MoHo дуже гарно продуманий алгоритм взаємодії із растровими зображеннями. По-перше, програма надає можливість імпорту ілюстрацій, що створені у Adobe Photoshop. При імпорті файлу у форматі PSD зберігається розподіл матеріалів на слої, що суттєво зберігає час упродовж процесу рігінгу. Також, програма імпортує зображення в проєкт користуючись запам'ятовуванням посилань на файли, тож при зміні вмісту файлу – його матеріали автоматично оновляться у MoHo.

При роботі із растровими зображеннями ми здатні деформувати їх завдяки кісткам із регулюванням області впливу та за допомогою трикутних сіток, що дозволяють деформувати точки сітки, що будуть впливати на відповідні області зображення. Якщо персонаж створюється у растрі, то необхідно підготувати також і окремі ракурси тулуба, голови: ракурс спереду, задній вид, вид збоку (лівого і правого) та повороти у $\frac{3}{4}$ та $\frac{1}{4}$ кола в

право та ліво. Малювання персонажа за використанням растрової графіки має менші перспективи щодо можливостей на етапах ригінгу та анімації, проте є доволі зручним та швидким методом його створення.

З іншого боку, у програмі представлено дуже широкий спектр можливостей для роботи із векторними зображеннями. Оскільки вони мають точки та лінії, що прораховуються комп'ютерними обчисленнями, ми можемо змінювати їхнє положення, характеристики заливки та контуру, параметри згладжування векторів та не мати жодних проблем із зміною якості зображення при деформації та його збільшені. У програмі наявні всі необхідні інструменти для розробки векторної ілюстрації персонажу [20].

Тож створення персонажа за використанням векторної графіки суттєво збільшить спектр можливостей для створення анімації, зокрема, рівень контролю усіх елементів тіла скелетом, кількість можливих функціональних елементів ригу і створить простір для автоматизації певних процесів. Усі елементи ригу повинні бути намальовані окремими шейпами, що надає змогу побудувати якісний риг та створити чітку структуру шарів.

1.2.2 Побудова основних кісток

Побудова базового скелета в MoHo Pro є ключовим етапом у процесі створення анімаційного персонажа. Основою цього процесу є створення кісток, які забезпечують можливість управління рухами окремих елементів персонажа. У контексті простого персонажа базовий скелет включає мінімальний набір кісток, необхідних для забезпечення основних рухів, таких як згинання рук, ніг, обертання голови чи тіла. Кістки створюються за допомогою інструменту Bone Tool, який дозволяє розміщувати їх у потрібних точках персонажа, формуючи ієрархічну структуру.

Ієрархія кісток є фундаментальним принципом ригінгу. Вона визначає, як рух однієї кістки впливатиме на інші. Наприклад, рух основної кістки тулуба автоматично тягне за собою рух прикріплених до неї кісток рук чи

ніг. Такий підхід забезпечує логічність і природність рухів персонажа, а також спрощує процес налаштування. У MoHo Pro створення залежностей між кістками здійснюється автоматично в процесі їх додавання, але за потреби ці зв'язки можна редагувати вручну.

Прив'язка векторних точок до кісток є наступним важливим кроком у створенні скелета. У MoHo Pro існує декілька методів прив'язки, які забезпечують різний рівень контролю над рухами. Прив'язка точок (Bind Points) дозволяє закріпити окремі векторні точки до певної кістки, що забезпечує точний контроль над деформаціями. Прив'язка шару (Bind Layer) закріплює весь шар до вибраної кістки, що є зручним для роботи з простими елементами. Крім того, автоматична прив'язка (Auto Flexi-Binding) дозволяє системі самостійно визначати вплив кісток на точки, що значно пришвидшує процес роботи з великими об'єктами. Кожен із цих методів має свої переваги та використовується залежно від складності персонажа та вимог до анімації.

Побудова базового скелета завершується тестуванням його роботи. Цей етап дозволяє переконатися, що всі кістки функціонують правильно, і що рухи персонажа є природними. У випадку виявлення неточностей здійснюється корекція налаштувань або додаткове редагування прив'язки, щоб досягти бажаного результату. У підсумку, створення базового скелета є основою для подальшого розширення функціональності персонажа, включаючи додавання Smart Bones чи інших інструментів для більш складної анімації.

1.3 Базові засоби автоматизації ригінгу і анімації

1.3.1 Автоматизація побудови кінцівок

Першим з методів автоматизації, що розглядаються в рамках дослідження є побудова скелету кінцівок, що сприяють більш легкому контролю рук та ніг персонажа.

Доволі часто, кінцівки створюються методом відмальовки цілісного векторного шейпу, або окремих шейпів, що поєднані без суглобу, разом зі

створенням і налаштуванням екшену для більш гладкого згину кінцівки (рис. 1.1). Цей спосіб доволі простий в реалізації, проте має обмежений потенціал у позиціонуванні передпліччя в просторі (особливо перед плечем) та може мати неякісне відтворення згину кінцівки [2].

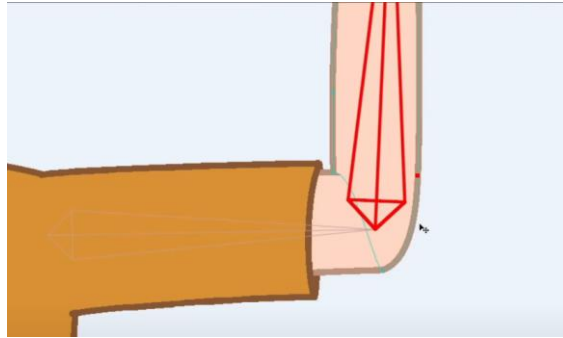


Рисунок 1.1 – Побудова кінцівки без суглобу

Річ у тім, що, якщо намалювати разом плече та передпліччя одним шейпом, поставити точки ліктьового згину і прокласти кістки (рис. 1.2), то при згинанні кісток, у місцях згину одна векторна точка буде заходити за іншу, ламаючи персонажу руку [18].



Рисунок 1.2 – Згинання шейпів без застосування спеціальних технологій побудови кінцівок

Існує кілька способів розв'язання цієї задачі. Перший підхід передбачає встановлення певного кута згину для кістки передпліччя та створення для неї екшну. У процесі анімації, при зміні положення кістки від початкового до максимального чи мінімального кута, точки згину коригуються так, щоб уникнути візуального "зламу" руки. Цей підхід дозволяє забезпечити природний вигляд руху кінцівки (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Результат згину шейпу із застосуванням створених екшенів

Другий метод полягає у розподілі кінцівки на три окремі сегменти. Наприклад, для руки це зап'ястя, передпліччя та плече, а для ноги – стопа, гомілка і стегно. У місцях згинів, таких як лікоть, коліно чи кисть, додається додаткове коло. Діаметр кола відповідає товщині кінцівки, а його колір і контур збігаються з параметрами відповідної частини тіла. Інструментом «Hide Edge» приховується обведення тієї частини кола, яка звернена до плеча чи стегна. Коло розташовується за глибиною під передпліччям чи гомілкою. Це забезпечує плавний перехід між сегментами руки при її згинанні, відкриваючи лише ту частину кола, яка необхідна для природного вигляду руки (рис. 1.4).

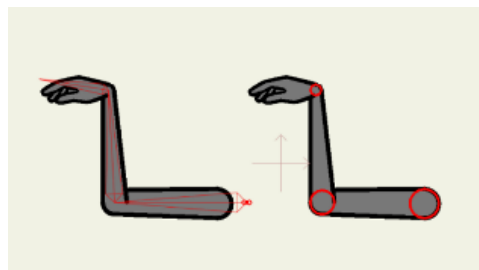


Рисунок 1.4 – Побудова «просунутих» кінцівок та їхнього скелету

Для коректної роботи цього методу, у зоні суглобів додаються допоміжні кістки, які забезпечують відсутність деформації під час руху кінцівки. Такий підхід дозволяє уникнути небажаних викривлень і зберегти естетичність рухів (рис. 1.5).

Останній спосіб надає змогу реалізовувати згинання кінцівок без жодних деформацій місць згину та можливістю контролювати зміну порядку шарів для позиціонуванні передпліччя перед іншими шарами. Він набув

широкої популярності й отримав назву «просуниті» кінцівки. Цей метод вирізняється складністю розробки, бо вимагає математичної точності в побудові векторного малюнку кінцівки, проте має значну перевагу в функціоналі та натуралістичній візуальній складовій (рис. 1.6) [1].

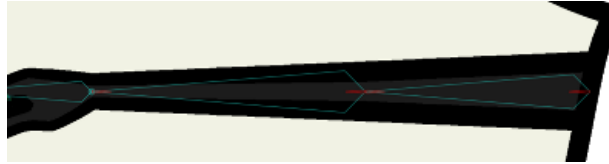


Рисунок 1.5 – Додаткові кістки для усунення деформації суглобів

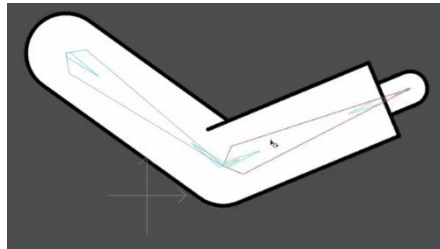


Рисунок 1.6 – Побудова «просунутих» кінцівок та їхнього скелету

Оскільки однією з унікальних особливостей програми є можливість впровадження додаткових інструментів – скриптів, саме це дало поштовх зацікавленій аудиторії користувачів для створення та оприлюднення такого інструменту, як скрипт «Create Limb». Він без зайвих зусиль допомагає створити усі елементи руки чи ноги, що необхідні для створення «просунутих» кінцівок [3].

В його функціонал входить створення шарів з прямокутними шейпами, шарів з круглими суглобами та допоміжних кісток, що інтегруються у створені кістки для кінцівки. Можна обрати необхідну товщину кінцівки та наявність суглобу з кожного краю кістки (рис. 1.7).

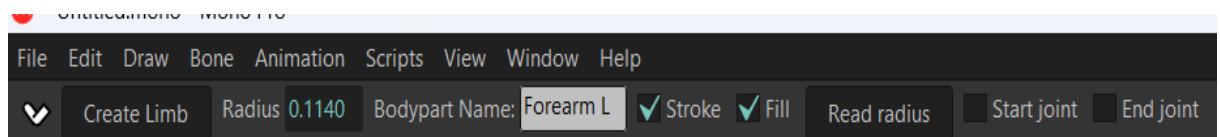


Рисунок 1.7 – Меню скрипта Create Limb

Тож залучення цього інструменту при розробці рігів дозволяє автоматизувати процес створення кінцівок з гнучким налаштуванням параметрів та ще й за використання дуже якісного і раціонального методу побудови кінцівок.

1.3.2 Інверсна кінематика, як засіб автоматизації позиціонування

Дуже важливою функцією успішного рігу є здатність закріплювати у просторі певний рухомий центр, для більш зручного процесу створення поз персонажа і створення точок опору в ногах або руках. Для цього у MoHo Pro є можливість створити так звані «target bones». Це кістки що впроваджують до певного ланцюжка кісток інверсну кінематику. Вони здатні змінювати параметри материнських кісток через зміну власної позиції (або навпаки, через відсутність зміни позиції).

При переміщенні таргетів, кістки змінюють свої позиції, намагаючись торкнутися свого таргету. Це надає змогу рухати лише таргет ноги (рис. 1.8), щоб усі кістки ноги рухались разом, згинаючи її та переставляючи туди, куди нам заманеться [18].

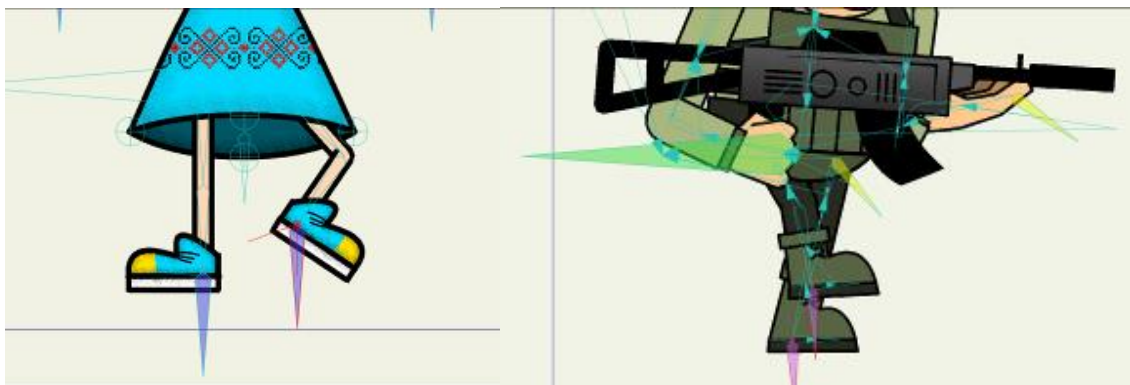


Рисунок 1.8 – Таргети ніг

Ця функція корисна не лише у випадку зі скелетом для ніг, що мають залишатися на певній позиції при зміні положення центру тяжіння персонажа, а й для рук, що спрощує формування певних позицій. В цьому

випадку кістка передпліччя буде змінювати нахил і довжину за умови збільшення коефіцієнту розтягування при інверсній кінематиці (IK stretching) в кістках ніг, залежно від положення кістки-таргету.

1.3.3 Smart Bones

Окрім основних кісток, що забезпечують рухи частин тіла персонажа, активно використовуються так звані "Smart Bones" – спеціальні кістки, які під час руху активують наперед заданий набір дій для окремих елементів. Завдяки цим кісткам процес роботи аніматора значно спрощується та автоматизується.

Для створення "Smart Bone" додається окрема кістка, після чого в панелі "Actions" створюється новий сценарій для неї. У режимі редагування цього сценарію виконується маніпуляція з кісткою, яка відповідатиме за виконання заданого набору змін (рис. 1.9). Після цього змінюється положення точок чи інші параметри елементів сцени, задаючи початкове значення у вихідній позиції кістки та кінцеве – в її фінальному положенні. Таким чином, бажані зміни в сцені можна реалізувати простим рухом "Smart Bone" [18].

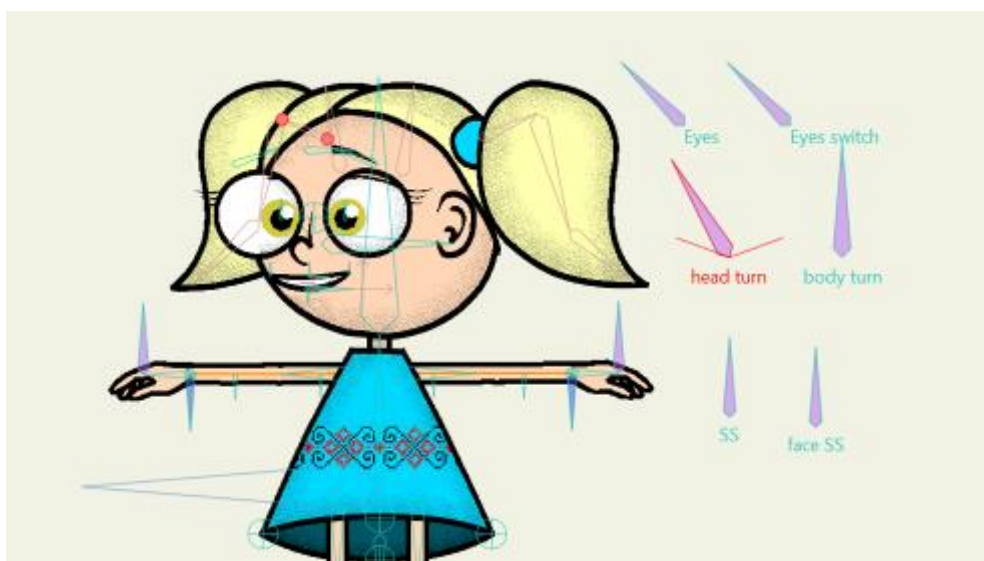


Рисунок 1.9 – Набір смартбонів повороту голови та кісток рук для дівчинки

Варіативність використання смартбонів обмежується винахідливістю розробника та запитам, щодо функціоналу рігу, що робить їх потужним засобом автоматизації анімаційних завдань. Серед можливих варіантів смартбонів найбільш популярними є наступні: смартбони з екшенами на пересування точок вії для закриття та відкриття очей; для переключення заздалегідь підготовлених фаз очей, рота, кистей, голови, тулуба, тощо; для згладжування згину шейпу; для стискання та розтягування окремих елементів; для повороту голови та тулуба, тощо. Зазначається, що широкий функціонал наявних смартбонів має великий вплив на автоматизацію процесів створення анімації [5, 6].

Якщо звернути увагу на впровадження повороту голови чи тулуба навколо своєї осі у векторного персонажа, то можна виділити два шляхи, за якими можна втілити даний функціонал.

Перш за все, можна відмалювати окремі фази для анфасу, повороту в $\frac{3}{4}$ кола в обидві сторони, профілю та повороту назад. Підв'язавши перемикач до смартбону можна переключати фазу у необхідний момент часу.

Більш комплексним та складним в реалізації підходом є створення екшену на плавне переміщення векторних точок голови з позицій при анфасі до позицій повороту в профіль, якісна анімація такого повороту в обидві сторони в якості екшену смартбона надає змогу в потрібний момент часу створювати імітацію 3D-повороту голови/тіла одним лише рухом смартбона.

Спираючись на 12 принципів анімації Діснея, вкрай раціональним є впровадження смартбонів на стискання та розтягування тіла персонажа [9].

Основним викликом при створенні даного екшена є умова збереження об'єма тіла. У випадку з розтягуванням кісток тулуба вгору, що будуть тягнути за собою верхні векторні точки тулуба, необхідно досягти звуження тих точок, що знаходяться вздовж обох боків тіла. Цього ефекту можна досягти шляхом корегування позицій точок вручну, або автоматизувати цей процес в налаштуваннях кісток, що розтягуються. Для автоматизації необхідно увімкнути параметр «Squash and stretch scaling», що було додано

до програми з попереднім оновленням. Результатом буде чітке збереження об'єму об'єкта, що прив'язано до даних кісток при зміні їхньої довжини.

Таким чином, наявність кожного зі смартбонів, за умови підготовки якісного екшену, позитивно впливає на зручність рігу та автоматизацію створення рухів (рис. 1.10).

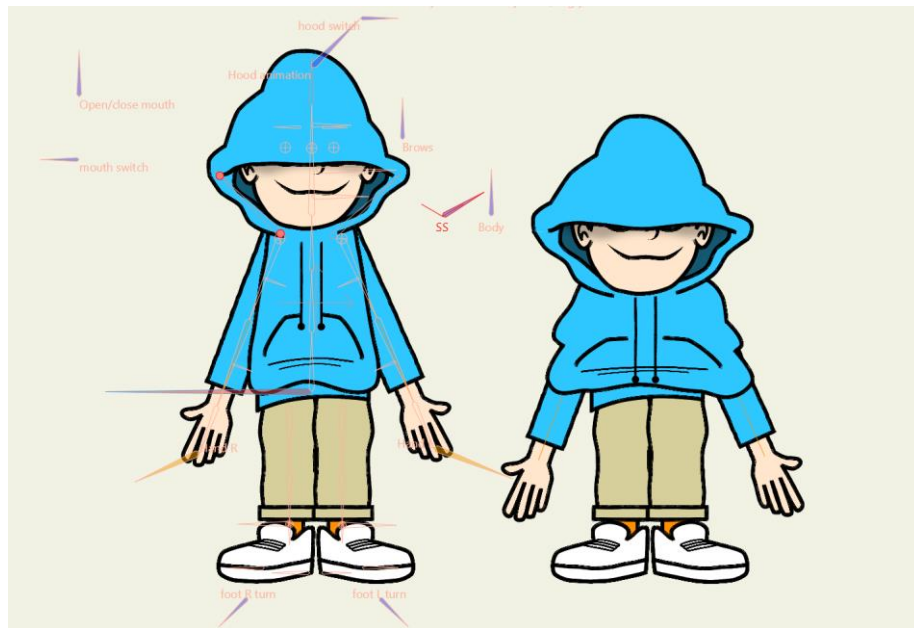


Рисунок 1.10 – Стискання та розтягування тіла персонажа з автоматичним збереженням об'єму

1.3.4 Налаштування динаміки кісток

Корисною є функція налаштування динаміки кісток, що робить можливим автоматичне створення анімації для певних кісток залежно від руху цілого скелету. Частина тіла з увімкненою динамікою кісток будуть рухатись інерційно, доповнюючи рух та роблячи його більш реалістичним. Ця функція зазвичай впроваджується для таких рухомих елементів як довгі вуха, волосся, хвіст, тощо. При налаштуванні динаміки маємо наступні параметри, що регулюють амплітуду руху, різкість руху та супротив, а також відносну вагу кістки в системі та варіативність застосування динаміки як для нахилу, так і для переміщення і зміни довжини кістки (рис. 1.11).

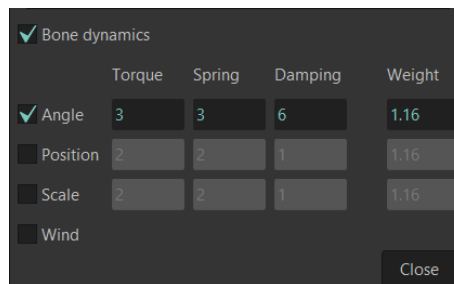


Рисунок 1.11 – Меню налаштування динаміки кісток

На рисунку 1.11 також можна побачити параметр «Wind», що дозволяє автоматично рухати кістки з налаштованими параметрами динаміки для імітації дмухання вітру. В програмі є інструмент Force, що дозволяє додати імпровізований вітер в сцену і налаштувати його напрямок, силу та амплітуду тремтіння (рис. 1.12).



Рисунок 1.12 – Меню налаштування вітру

1.3.5 Стилізація векторних шейпів

MoHo пропонує широкі можливості для автоматичної анімації векторних шейпів завдяки панелі "Vectors" у налаштуваннях шарів. Цей інструмент дозволяє аніматорам створювати динамічні ефекти, працюючи безпосередньо з векторними елементами. У налаштуваннях можна контролювати ключові параметри, такі як товщина ліній, згладжування контурів, а також вібрації, які додають природності анімації. Зміна цих параметрів дозволяє досягати різних художніх ефектів, зокрема імітації живого малюнка чи "шорсткості" контуру (рис. 1.13).

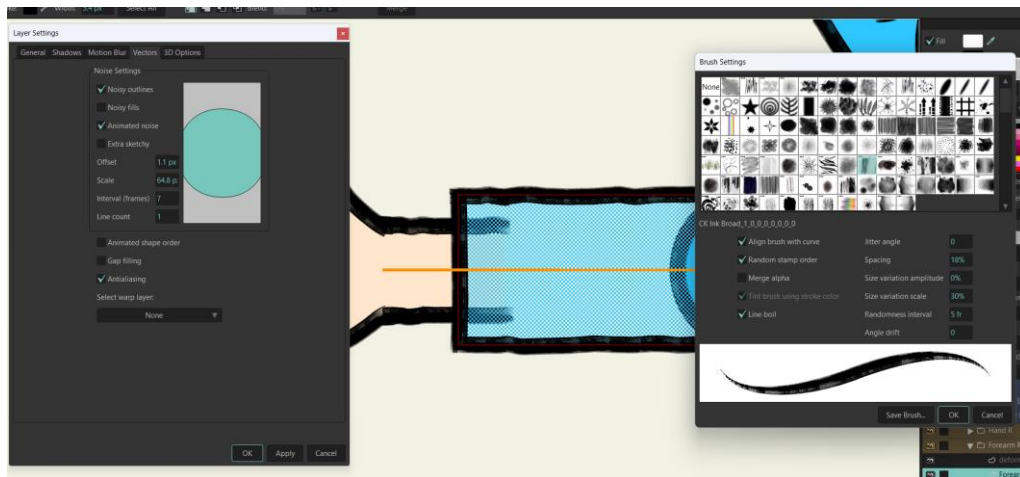


Рисунок 1.13 – Меню налаштування поведження векторних форм та кистей

Однією з унікальних можливостей є використання параметра "Line Boil", який імітує природну нерівність малюнка, характерну для традиційної ручної анімації. Цей параметр створює ефект "кипіння" контурів, змушуючи їх невловимо змінюватися з кожним кадром. Завдяки цьому персонаж або об'єкт виглядає більш органічно, що додає загальному зображенню живості та динаміки. Аніматор може налаштовувати інтенсивність і частоту цього ефекту, забезпечуючи максимальний контроль над візуальною стилістикою. Налаштування кистей можна побачити на рисунку 1.13 в правій частині екрану.

Ця панель також дозволяє працювати з кистями, надаючи можливість створення унікальних візуальних ефектів. Використовуючи різні стилі кистей і налаштовуючи їх параметри, можна отримувати текстури, які варіюються від гладких до грубих чи шорстких. Це особливо корисно для створення художніх стилізацій, які потребують деталізованого підходу до ліній. Комбінація цих інструментів дає змогу налаштовувати анімацію так, щоб вона відповідала як технічним, так і художнім вимогам проєкту.

1.4 Просунуті засоби автоматизації ригінгу і анімації

1.4.1 Деформери

Повертаючись до теми ригінгу кінцівок, слід підкреслити таку технологію, як деформери [8]. Це функціональні елементи, що впроваджують вигин частини кінцівки для формування дугової форми (рис. 1.14), що має велике значення, беручи до уваги важливість дуг і дугових траєкторії серед 12 принципів анімації [9].

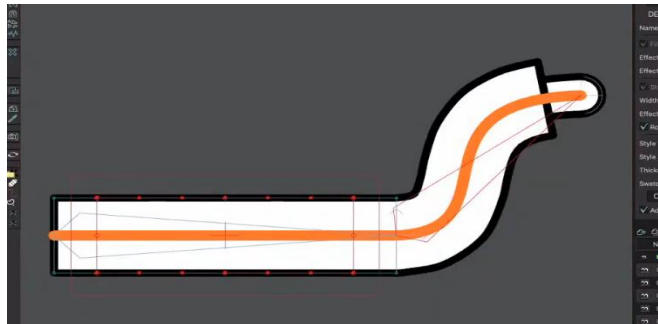


Рисунок 1.14 – Ріг кінцівки з деформером

Вагомим недоліком даного функціоналу є складність його впровадження. Процес створення деформерів потребує математичної точності та ретельної підготовки.

Одним із найбільш ефективних методів роботи з деформерами є використання інструмента Follow Path, який дозволяє забезпечити точне слідування об'єктів деформації кривої.

Процес створення деформерів для рук за допомогою цього інструмента починається з підготовки шейпів, які представляють кінцівки. Ці шейпи повинні бути достатньо деталізованими, щоб забезпечити гнучкість анімації. Спершу створюються базові лінії для плеча та передпліччя, яка буде слугувати деформером для руки. Для цього використовується інструмент Draw Shape. Початок і кінець лінії повинен чітко збігатися з основою та кінцевою точкою відповідної кістки, а сама лінія має бути віссю симетрії для

скелету кінцівки. Після цього шар (плече або передпліччя), що буде прив'язано до шляху, необхідно розбити на якомога більшу кількість точок зі згладжуванням кривих для гладкої деформації. Наступним кроком є виділення усіх точок необхідного шару та розтягування усіх форм в 2 або 4 рази. Це необхідно для того, щоб створити запас довжини для деформованої частини руки. Цей шар прив'язується до створеної траєкторії за допомогою функції Follow Path з натиснутим alt. Створивши додаткову точку на траєкторії та налаштувавши кривизну кожної точки, в першому кадрі можна побачити, як маніпуляція з точками кривої вигинає руку, не порушуючи структури кінцівки. Створення кістки для керування положення точки деформера надає змогу деформувати кінцівку, не виходячи з кісткового шару. Цей метод деформації має значно розширити функціонал рігу, а саме діапазон можливих позицій кінцівок (рис. 1.15).

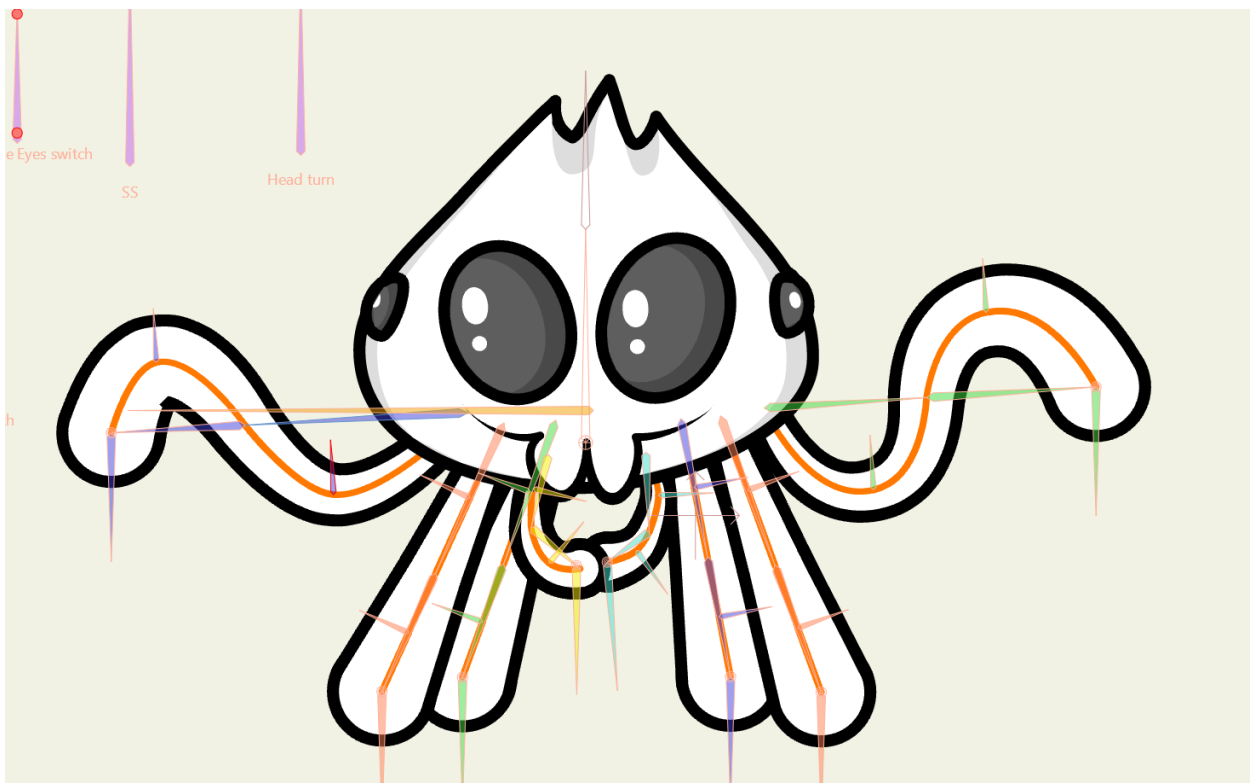


Рисунок 1.15 – Застосування деформерів

1.4.2 Змішування Smart Bones

Змішування Smart Bones є ключовим аспектом створення складної анімації, особливо у випадках, коли один екшен може деструктивно впливати на інший. У таких ситуаціях використання скрипта MR Mix Smartbones стає необхідним інструментом, який дозволяє забезпечити плавну інтеграцію кількох екшенів. Цей підхід дає змогу уникнути конфліктів між рухами різних кісток і забезпечити точний контроль над їх взаємодією.

Скрипт MR Mix SmartBones працює шляхом додавання проміжного шару автоматизації, що зводить до мінімуму негативні впливи між різними екшенами. Він дозволяє створювати проміжні значення між ключовими кадрами двох або більше Smart Bones, що забезпечує гармонійне їх змішування. Це особливо важливо, коли різні кістки одночасно впливають на одні й ті ж точки шейпів, створюючи потенційну небезпеку деформації. Використовуючи цей скрипт, аніматор має можливість визначати пріоритети дій та налаштовувати вагу кожного з екшенів, що забезпечує стабільність форми об'єкта під час руху.

Прикладом використання цього методу може бути конфлікт між смартбоном на закриття / відкриття очей та смартбона на деформацію очей за настроєм персонажа (злість та сум). При спробі заплющити сумні очі два екшени сперечаються за владу над встановленням позиції одних і тих самих точок повік.

Для коректного використання скрипту MR Mix Smartbones необхідно виконати наступні дії:

- відхилити обидва смартбони до максимально можливого значення кута, щоб встановити граничні значення екшену;
- перейти на векторний шар та вручну вказати вірні позиції точок;
- перейти знову на кістковий шар, виділити два смартбона та натиснути на кнопку скрипта;

– скрипт створює додаткові кістки, що мають в собі певний екшен, який автоматично допомагає владнати конфлікт між кістками деформації очей при взаємодії з будь-якою з них.

Результат роботи скрипту можна побачити на рисунку 1.16.

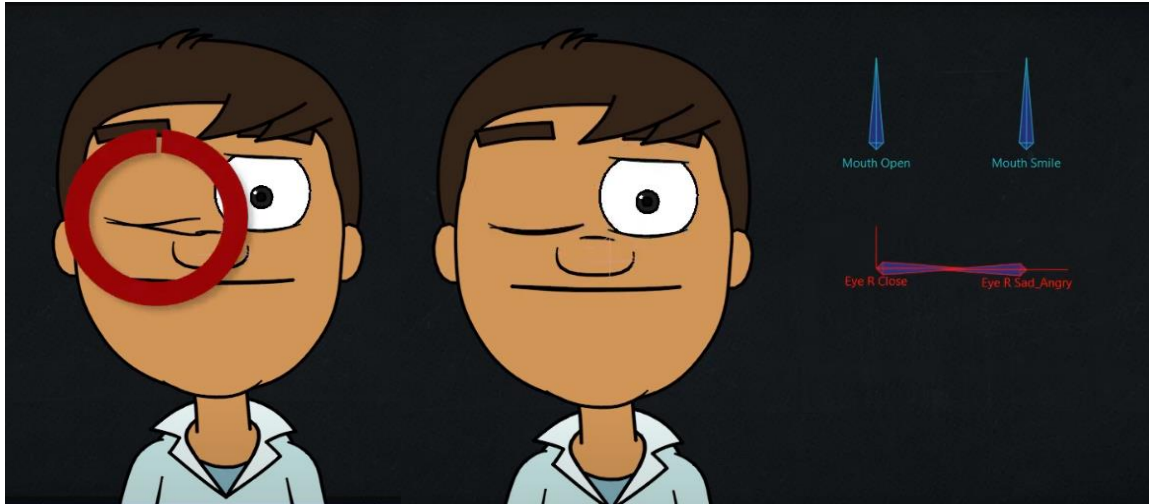


Рисунок 1.16 – Результат використання скрипту Mix Smartbones

1.4.3 Інноваційний метод ригінгу стопи Foot Roll

Справжнім відкриттям для спільноти користувачів MoHo було оприлюднення результату напрацювань із побудови комплексної системи кісток для ригінгу стопи під назвою Foot Roll. Цей новітній метод не тільки реалізує складну для розуміння механіку взаємодії кісток, а ще й надихає користувачів на нові відкриття, бо показує, що немає нічого неможливого, коли мова йде про 2D-ригінг [20].

За основу в цей метод побудови скелету стопи лягла механіка взаємодії зі стопами в 3D-анімації. Ключова особливість механіки ноги полягає в тому, що аніматор здатен контролювати положення стопи через інверсну кінематику, як і в звичайному ригу, проте без зайвих зусиль може підіймати то п'яту, залишаючи носок стопи в тій самій точці простору, то піднімати носок, залишаючи п'яту в тій самій точці простору. І найдивовижніше те, що

ці маніпуляції аніматор може виконувати, рухаючи в різні сторони лише одну кістку, яка є частиною складної системи.

В результаті можна отримати не лише чітке позиціонування ноги на поверхні, а й переносити точку опори на різні частини стопи, що надає змогу полегшити створення анімації ходи, бігу та інших дій, що пов'язані з рухом ніг.

Схематично конструкція виглядає наступним чином (рис. 1.17).

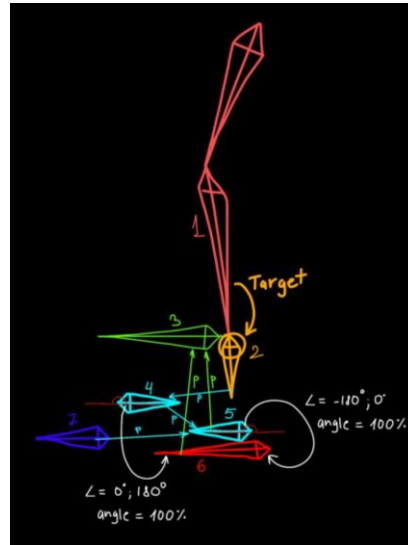


Рисунок 1.17 – Схема системи кісток ноги за методом Foot Roll

Кістка «1» спрямована до таргету «2», який, в свою чергу, прив'язаний до кістки «4». Кістки «4» та «7» прив'язані до кістки «5». Кістки «5» та «6» прив'язані до кістки «3», яку в даному випадку можна назвати головною кісткою. Найцікавіше в цій системі це обмеження кісток, що втілені шляхом обмежування кута, та залежності нахилу кісток «4» та «5» від кістки «6».

Такий варіант побудови скелету ніг є відносно нетиповим для пересічних ригів, але доволі перспективним, бо несе у собі широкий функціонал, поєднаний із простотою в керуванні.

Цю взаємодію кісток можна назвати, свого роду, засобом автоматизації позиціонування стопи та ноги в просторі.

1.4.4 Vitruvian Bones

Vitruvian Bones у Moho Pro є потужним інструментом, що дозволяє створювати гнучкі системи скелетів для частин тіла персонажа, які потребують альтернативних підходів до анімації. Основна концепція цього інструмента полягає у можливості створення декількох незалежних систем кісток для однієї й тієї ж частини тіла, а також групування цих систем із подальшим перемиканням між ними. Це відкриває можливість легко адаптувати персонажа до різних сцен чи рухів, що складно або неможливо реалізувати за допомогою однієї уніфікованої системи кісток.

Теоретичне підґрунтя Vitruvian Bones ґрунтується на багаторівневій структурі залежностей та ієрархій. У цьому підході дві системи кісток для однієї частини тіла можуть функціонувати незалежно одна від одної, але при цьому залишатися інтегрованими у загальний ріг персонажа. Інструмент дозволяє аніматору вибирати між системами залежно від завдання, яке виконується, і тим самим усуває обмеження, пов'язані з традиційними методами налаштування рігу.

Практичне застосування Vitruvian Bones можна проілюструвати на прикладі анімації руки персонажа. У деяких випадках, наприклад, для рухів, пов'язаних із складними фазами, які потребують нестандартної зміни форми або позиції кісток, одна система кісток не може забезпечити достатньої гнучкості. Використовуючи Vitruvian Bones, можна створити дві системи кісток: одну для стандартних рухів руки, а іншу для специфічних фаз, таких як складний розворот або нетиповий вигин. Потім ці системи групуються так, щоб аніматор міг легко перемикатися між ними, не порушуючи загальної структури анімації (рис. 1.18).

Цей підхід значно спрощує роботу з фазами руху, які не сумісні з єдиною системою кісток. Наприклад, при створенні складної сцени, де рука персонажа переходить із нейтральної позиції до положення, яке вимагає повного вигину або розтягування, можна використовувати відповідну

систему кісток для кожного етапу. Це не лише підвищує точність і реалістичність анімації, але й зменшує потребу у створенні складних ручних корекцій [21].

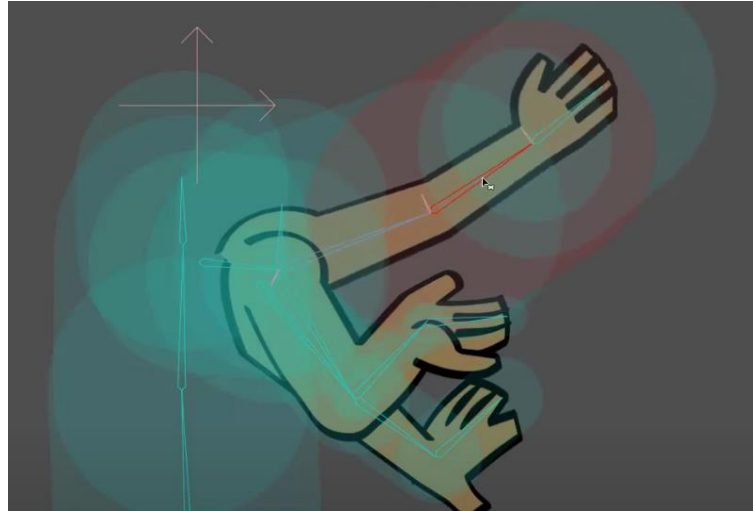


Рисунок 1.18 – Створення трьох систем кісток для об'єднання інструментом Vitruvian Bones

Впровадження Vitruvian Bones в анімацію забезпечує автоматизацію процесів, пов'язаних із налаштуванням складних ригів, і знижує кількість часу, необхідного для опрацювання нестандартних рухів. Завдяки цьому інструменту аніматор може сконцентруватися на художній складовій, тоді як технічна частина роботи значною мірою спрощується. Використання Vitruvian Bones у Moho Pro також дозволяє уникати конфліктів між системами кісток, що є важливим для збереження стабільності проєкту та ефективності робочого процесу.

Таким чином, Vitruvian Bones відкриває нові можливості для аніматорів, забезпечуючи зручний та ефективний підхід до роботи з персонажами, які мають складні або багатофазові рухи. Завдяки цьому інструменту можна створювати анімацію високої якості із мінімальними витратами часу на технічне налаштування [21].

1.4.5 Заготовка шаблонів анімації та поз в панелі екшенів

Одним із ключових інструментів для оптимізації процесу створення анімації в MoHo є панель екшенів, яка дозволяє створювати, зберігати та застосовувати заготовки базових рухів і поз персонажів. Цей функціонал є надзвичайно важливим для автоматизації процесу анімації, зменшення ручної роботи та забезпечення високої продуктивності аніматора.

Процес створення шаблонів базових рухів включає декілька важливих етапів. Спочатку аніматор визначає типи рухів або поз, які можуть часто використовуватися у конкретному проєкті. Це можуть бути, наприклад, рухи ходьби, бігу, стрибків, махів рукою, поворотів голови, або базові емоційні вирази обличчя. Далі, використовуючи панель екшенів, створюється новий екшен для обраного руху чи пози. У цьому екшені аніматор встановлює ключові кадри, які визначають характер руху, а також позицію кісток і векторних точок персонажа.

Після завершення налаштувань руху або пози, екшен зберігається в панелі дій. Це дозволяє використовувати його повторно для інших частин анімації або навіть для інших проєктів [19]. Застосування екшену здійснюється шляхом перетягування його на часову шкалу або шляхом інтеграції в автоматизовані процеси, такі як робота з Smart Bones або скриптами (рис. 1.19).

Використання заготовок рухів і поз у MoHo має кілька переваг. По-перше, це значно зменшує час, необхідний для створення складних анімацій, оскільки базові рухи можуть бути швидко адаптовані до потреб конкретної сцени. По-друге, це забезпечує узгодженість стилю і плавність рухів, оскільки однакові екшени можуть застосовуватися для різних персонажів або сцен. По-третє, це полегшує роботу команди аніматорів, особливо в умовах великих проєктів, де необхідна чітка стандартизація процесів.

Узагальнюючи, панель екшенів у MoHo є потужним інструментом для створення та управління заготовками шаблонів рухів і поз. Її використання

дозволяє суттєво підвищити ефективність роботи аніматора, забезпечити стандартизацію анімаційних процесів та створити умови для автоматизації навіть найскладніших етапів проєктів.

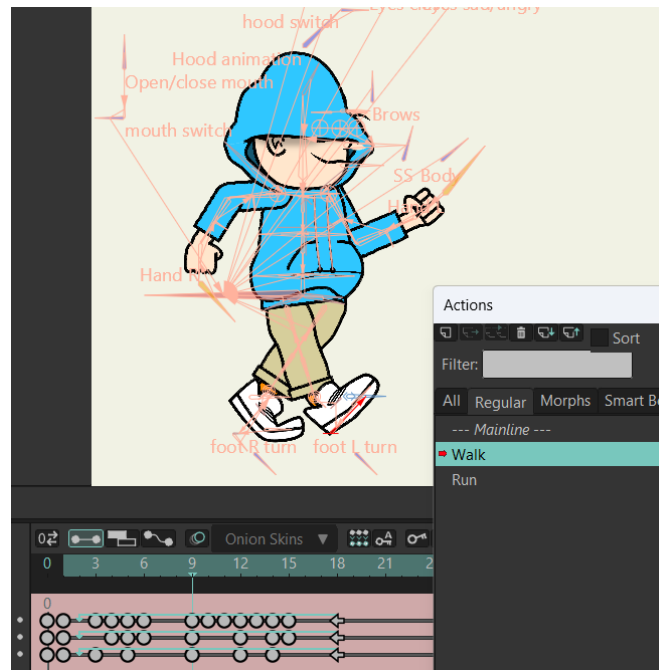


Рисунок 1.19 – Панель дій та збережений шаблон ходи персонажа

1.4.6 Керування скелетом за допомогою скрипта MR Pose Tool

Скрипт MR Pose Tool версії 3.2.1 є одним із найбільш потужних інструментів для роботи з скелетами в MoHo Pro. Його основна функція полягає у спрощенні керування кістками та підвищенні точності анімації за рахунок автоматизації багатьох процесів. Цей скрипт об'єднує функціонал декількох стандартних інструментів, таких як Transform Bone, Manipulate Bones та MR Move Targeted Joint, дозволяючи створювати й редагувати пози персонажів більш ефективно [21].

Однією з основних переваг MR Pose Tool є інтеграція системи інверсної кінематики (ІК), яка дозволяє забезпечити природний рух кінцівок шляхом автоматичного розрахунку позицій суглобів. Крім того, скрипт підтримує функцію розтягування кісток, що дає змогу досягти більш гнучких

і реалістичних рухів, особливо у випадках, коли персонаж має довгі чи деформовані кінцівки. Важливим аспектом є можливість змінювати напрямок згину суглобів, наприклад ліктів або колін, за допомогою спеціальної опції, що робить цей інструмент надзвичайно зручним при роботі зі складними позами.

Усі налаштування скрипта зберігаються безпосередньо в шарі персонажа, що дозволяє швидко відновлювати потрібні параметри та працювати з кількома персонажами в межах одного проєкту. Функція швидкого ввімкнення або вимкнення інверсної кінематики, блокування кісток або їхнього слідування надає можливість оперативно керувати параметрами без зайвих дій. Особливу увагу заслуговує режим *Single Bone Mode*, який дозволяє незалежно редагувати кістки, не впливаючи на ланцюги, до яких вони належать.

Скрипт також включає можливість скидання параметрів кісток до початкових значень. Ця функція допомагає уникнути помилок під час анімації й швидко повернутися до базової позиції, якщо це необхідно. Додатково, *MR Pose Tool* підтримує систему відносного ключування (*Relative Keyframing*), що дає змогу створювати плавні переходи між ключовими кадрами. Це забезпечує більшу точність та гнучкість при роботі з анімацією.

Практичне використання *MR Pose Tool* зводиться до інтеграції його в робочий процес як основного інструмента для роботи зі скелетами. Аніматор може швидко налаштовувати й модифікувати параметри кісток, створюючи більш реалістичні рухи персонажів із мінімальними витратами часу. Завдяки широкому функціоналу й підтримці багатьох інструментів цей скрипт є універсальним рішенням для автоматизації роботи зі скелетами в *MoHo Pro*.

У підсумку, *MR Pose Tool 3.2.1* значно підвищує ефективність роботи аніматорів, дозволяючи зосереджуватися на творчій складовій процесу. Інтеграція цього інструмента в роботу з *MoHo Pro* є доцільною для будь-якого проєкту, що вимагає якісної й точної анімації.

1.5 Скрипти для MoHo Pro

Оскільки дана робота спрямована на удосконалення та автоматизацію створення анімації та усіх супутніх процесів, то раціональним рішенням є висвітлення низки корисних інструментів у вигляді сторонніх скриптів й їхня класифікація за областю призначення. Серед наступного переліку скриптів присутні й ті, що вже згадувалися в огляді матеріалів за темою роботи, для бачення повного переліку розглянутих засобів автоматизації процесів MoHo Pro.

Управління кістками та рігінг:

- Transform Bone – модифікований інструмент для більш точного переміщення та обертання кісток;
- Create Bone Between Two Coordinates – створює кістку між двома заданими координатами для швидшої побудови скелета;
- Move to One Coordinate – автоматизує процес вирівнювання кістки по заданій координаті;
- Create Limb – автоматизує створення кінцівок, додаючи кістки та налаштовуючи їх ієрархію для анімації рухів;
- MR Select Child Bones – дозволяє швидко вибирати дочірні кістки обраної кістки, спрощуючи процес налаштування рігінгу;
- Rotating Bone – дозволяє автоматично обертати кістку залежно від положення її батьківської кістки, що корисно для створення реалістичних рухів, таких як обертання коліс;
- Mix Smartbones – дозволяє змішувати ефекти різних Smart Bones для досягнення більш складних і реалістичних анімацій;
- MR Pose Tool – універсальний й широкофункціональний інструмент для керування рігом під час створення анімації. Має додаткове меню для задання вибраним кісткам таких параметрів, як фіксація нахилу, позиції, інверсна кінематика, розтягування та безлічі інших.

Робота з шарами:

- Layer Translation 2 – модифікований інструмент Layer Translation, що дає змогу налаштовувати прозорість, видимість та розмиття прямо на верхній панелі меню інструмента;

- Layer Copies – швидко створює копії шару з використанням широкого переліку налаштувань, що економить час при роботі з багат шаровими композиціями;

- MR Overlay – створює новий шар-оверлей, який можна використовувати як візуальний референс, базуючись на вибраних точках або векторних шарах.

Управління ключовими кадрами та анімацією:

- Tween Machine – спрощує інтерполяцію між ключовими кадрами, надаючи більше контролю над плавністю анімації;

- AE Key Tools – інструмент для маніпуляції ключовими кадрами в анімації персонажів, дозволяє встановлювати, переміщувати, копіювати та вставляти пози для будь-якої кількості підшарів у скелетній структурі;

- MR Path – дозволяє створювати та керувати шляхами руху об'єктів, зберігаючи інформацію про шляхи та їх цілі безпосередньо в проєкті MoHo.

Інструменти для малювання та роботи з векторами

- Visibility Ticket – додає функцію автоматичного керування видимістю об'єктів у сцені;

- SS – Eraser+ – покращений інструмент гумки з функціями обрізки, приховування та зварювання для створення ілюстрацій та очищення ліній;

- Select Shapes by Colour – дозволяє вибирати фігури, які відповідають поточному активному стилю, що спрощує редагування кольорових елементів.

Інші корисні скрипти:

- DV Back Up – автоматизує процес збереження резервних копій проєктів;

- Refresh LayerScript – додає кнопку для швидкого оновлення вбудованих скриптів шару, що корисно для розробників скриптів, які часто їх тестують та вдосконалюють.

Таким чином, скрипти для MoHo Pro охоплюють широке коло завдань, включаючи управління кістками, роботу з шарами, налаштування ключових

кадрів, малювання та автоматизацію рутинних процесів. Використання цих скриптів дозволяє значно зекономити час, підвищити точність і забезпечити зручність у роботі з проєктами різної складності [15].

1.6 Порівняльний огляд методів розробки рігу та корисних інструментів

Важливо розуміти, що від якості створеного рігу персонажа залежать якість та трудомісткість процесу створення анімація. На основі цього твердження можна зазначити, що якісний рігг є не тільки запорукою різноманіття функціоналу персонажа, а є ще й способом автоматизації деяких процесів на етапі створення анімації. Тож, порівнюючи методи створення ріггів, слід зазначити, що найефективнішими є ті методи, що надають найширший функціонал, хоч і мають більш трудомісткі процеси при розробці. Це пов'язано із важливістю спрощення самого процесу подальшої анімації персонажу та гнучкості рігу для широкого спектру фактичних і потенційних задач в анімації. Серед них: розробка «просунутих» суглобів, створення «розумних кісток» із різними заготовками (Actions), впровадження інверсної кінематики в скелет, додання деформерів та залучення додаткових скриптів у кожен етап розробки.

Окрім того факту, що кропітка праця на етапі рігінгу є запорукою автоматизації анімаційних процесів, не слід забувати про автоматизацію саме процесів рігінгу, в чому допомагають певні інструменти.

Порівняльний огляд матеріалів за темою дослідження підводить до висновку, що оцінку й порівняння ефективності даних рішень та інструментів найкраще допоможе зробити наявність продукту з їхнім практичним застосуванням. Очікується, що застосування певного набору методів може спричинити конфлікт у керуванні скелетною структурою, тож цілком можливо, що знадобляться авторські методи вирішення труднощів та проблем, що виникнуть під час практичного застосування методів автоматизації.

2 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Обґрунтування доцільності дослідження та визначення ключових завдань

Об'єктом дослідження є процес створення 2D персонажів, систем кісток та анімації, що є ключовими процесами створення персонажної 2D анімації.

Предмет дослідження – новітні методи і інструменти, що при інтеграції в робочий процес здатні зменшити часові витрати, збагатити функціонал рігів та покращити якість кінцевого анімаційного продукту. Серед них – оптимальні алгоритми і методи використання наявних в програмі функцій та використання сторонніх скриптів. У роботі розглядаються як інструменти для автоматизації складних процесів рігінгу, так і методи рігінгу, що спрощують та автоматизують подальший процес створення анімації. Слід зазначити, що усі розглянуті в роботі методи рігінгу застосовуються для створення ригу виключно головних персонажів, що мають найбільший об'єм потреб, та будуть активно використовувати увесь функціонал ригу.

Для досягнення поставленої мети в ході виконання кваліфікаційної роботи магістра слід вирішити такі завдання:

- провести аналіз інформаційних джерел, що охоплюють область технологій рігінгу і анімації у програмі MoHo Pro, а також аналіз реальних проєктів;
- проаналізувати існуючі вимоги до функціоналу ригу, що спрощують процес розробки анімації;
- проаналізувати, які з етапів робочого процесу в MoHo Pro найбільш ефективно піддаються автоматизації;
- провести аналіз особливостей застосування конкретних методів та інструментів при розробці персонажу та його анімації, зокрема оцінити загальну ефективність / спрямованість впровадження цих елементів;

- виявити переваги використання певних методів ригінгу;
- провести тестування розроблених методик на практичних прикладах для оцінки їхньої ефективності.

Теоретична значущість кваліфікаційної роботи полягає в узагальненні й аналізі сучасних методів автоматизації робочих процесів в MoHo Pro. Це сприятиме розширенню наукових знань у сфері автоматизації та оптимізації анімаційних процесів, ригінгу та загалом у сфері розробки персонажної 2D анімації, що є важливим для подальшого розвитку індустрії.

Практична значущість кваліфікаційної роботи полягає у створенні конкретних рекомендацій і методик для аніматорів, що працюють у MoHo Pro. Запропоновані в дослідженні рішення дозволять значно знизити витрати часу на виконання рутинних завдань, підвищити якість кінцевого продукту та зробити процеси анімації більш продуктивними. Отримані результати можуть бути застосовані як у студіях, що займаються виробництвом анімаційного контенту, так і в освітніх закладах, які готують фахівців у галузі анімації.

2.2 Визначення критеріїв для оцінювання

Не дивлячись на те, що процес автоматизації напряму пов'язаний із заощадженням часових ресурсів, саме якісні критерії здатні виокремити найважливіші аспекти впливу автоматизації процесів на роботу з ригом. Кількісні критерії, що були б спрямовані на вимір зекономленого часу при анімації удосконаленого ригу були б вкрай ненадійні через специфіку анімаційної діяльності, як творчої галузі. Набагато важливіше оцінити різноманіття, якість та зручність функціоналу, базуючись на досвіді експертів, ніж на практичному експерименті з відліком часу.

Серед головних критеріїв оцінки якості впроваджених методів та інструментів розробки ригу та анімації можна виділити наступні.

Позиціонування складових об'єкту, кісток:

- позиціонування рук (діапазон можливих поз, зручність взаємодії);
- позиціонування ніг (діапазон можливих поз, інверсна кінематика, зручність взаємодії);
- легкість побудови комплексних поз;
- якість взаємодії кісткових ланцюгів.

Емоційна складова:

- діапазон емоційного вираження;
- зручність та легкість налаштування емоцій;
- ліпсинк (зручність використання та вичерпність фонем).

Взаємодія з рігом:

- рівень контролю векторних точок;
- точність взаємодії скелета з тілом (включає оцінку засобів протидії виникненню неточностей в русі точок при взаємодії зі скелетом та кількість неточностей при екстремальній деформації скелету);
- інтуїтивність та простота використання рігу;
- адаптивність до змін в скелеті та рескіну;
- легкість в створенні базових рухів;
- стабільність і продуктивність рігу (наскільки легко система обробляє ріг, чи виникають збої у програмі, і який рівень навантаження створюється під час роботи).

У сумі маємо 13 критеріїв, що обрані на основі аналізу основних вимог до рігів та відповідно специфіці впроваджених удосконалень. Такий підхід надає змогу точно розуміти, наскільки кожен з методів впливає на покращення відповідної характеристики.

2.3 Визначення основної гіпотези дослідження

Отже, основна гіпотеза дослідження полягає в тому, що застосування певного набору новітніх методів рігінгу за використанням сучасних

додаткових інструментів при розробці ригу персонажу впливає на підвищення ефективності автоматизації процесів, що пов'язані як з розробкою самого ригу, так і з розробкою анімації.

Для перевірки сформульованої гіпотези пропонується експериментальне порівняння якості різних характеристик розроблених ригів, що залучають різні методи ригінгу та відрізняються функціоналом, на підставі визначених критеріїв.

2.4 Висновки з розділу

Аналітичне дослідження літературних джерел та аналогічних проєктів дало змогу визначити набір критеріїв, за якими можна в комплексі оцінити якість розроблюваного проєкту у порівнянні з іншими проєктами.

Ці якісні критерії пов'язані із задоволення аніматорів від процесу взаємодії з ригом, легкість виконання певних задач, різноманітність можливих варіантів використання функціоналу, економії часових ресурсів.

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА КВАЛІФІКАЦІЙНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Визначення мети та завдань експериментального дослідження

Мета експериментального дослідження полягає в оцінці ефективності різних способів автоматизації в рігінгу на основі розробки трьох варіантів рігу з практичним застосуванням розглянутих у роботі технологій, а також їхнього порівняльного аналізу за визначеними критеріями з залученням експертної оцінки.

Дослідження спрямоване на визначення найбільш вдалого поєднання методів автоматизації процесів засобами рігінгу серед трьох розроблених варіантів персонажа, що оцінюватимуться трьома експертами за визначеними критеріями.

На основі результатів експериментального дослідження можна розробити рекомендації для оптимізації рігтів, які будуть корисні для автоматизації процесів у програмному забезпеченні для анімації. Для досягнення мети експериментального дослідження з оцінки ефективності трьох розроблених рігтів за участі експертів, необхідно виконати такі завдання:

- розробка трьох варіантів рігу: створити три різні варіанти рігу, що відрізнятимуться між собою за структурою, методами автоматизації та налаштуваннями для подальшого порівняння;

- вибір і розробка критеріїв оцінки: уточнити критерії оцінки ефективності рігу, зокрема такі як зниження трудомісткості, простота використання, гнучкість налаштувань, якість анімації та функціоналу, оптимізація продуктивності тощо;

- залучення експертів для оцінювання: залучити чотирьох експертів у сфері анімації, які мають досвід роботи з рігами, для проведення об'єктивної оцінки розроблених рігтів за визначеними критеріями;

- проведення тестування та збір даних: провести експериментальне тестування кожного з рігтів, під час якого експерти оцінюватимуть ефективність за кожним з критеріїв. Зібрати кількісні та якісні дані щодо зручності, якості та продуктивності;

- порівняльний аналіз отриманих результатів: проаналізувати зібрані результати, порівнявши кожен з рігтів відповідно до оцінок експертів. Виділити сильні та слабкі сторони кожного з варіантів;

- формування висновків і рекомендацій: на основі результатів експерименту зробити висновки щодо оптимального варіанту рігу та розробити рекомендації для покращення автоматизації процесів рігінгу, які можуть бути корисні для подальшого використання.

3.2 Основні етапи експериментального дослідження

За підсумками аналізу складових рігінгу що впливають на автоматизацію процесів анімації, складання критеріїв порівняльного оцінювання якості рігтів, було запропоновано наступний план проведення експерименту, за яким вимагалось:

- оцінити необхідність застосування специфічних функціональних елементів та методів рігінгу в розроблюваному проєкті шляхом порівняння з аналогами;

- розробити 3 рігги, що будуть відрізнятися між собою наявністю певних функціональних переваг, залученням різних методів рігінгу та будуть мати різну трудомісткість та часові затрати при розробці;

- провести аналіз труднощів та помилок при практичному застосуванні розглянутих методів автоматизації та дослідити можливості їх вирішення;

- провести аналіз критеріїв оцінювання рігтів;

- обрати метод оцінювання та залучити експертів, що мають необхідний досвід та компетенції.

Очікується, що ефективність вибору низки методів автоматизації в найбільш комплексному рiгi №3 покаже найвищий результат під час оцінювання.

Для аналізу було розроблено три рiга персонажів. В кожному з них було використано основні методи розробки рiгiнгу, що включають відмальовку окремих елементів тіла, розробка «просунутих» суглобів, створення необхідних фаз для частин тіла, що будуть змінювати свою форму, інверсна кінематика для систем кісток ніг, смартбон на поворот тіла та голови, смартбон на стискання та розтягування. Перелічені вище складові рiгiнгу формують базовий набір функціоналу рiгу для зручної розробки якісної анімації. Саме ці складові слід взяти за вихідну точку для подальшого удосконалення

3.2.1 Огляд особливостей Рiгу №1

Для об'єктивності оцінювання методів автоматизації необхідно розробити альтернативу, з якою будуть порівнюватися удосконалені рiги.

Перший з розроблюваних рiгів буде мати базовий набір функціоналу й розроблюватися за основними, загальноприйнятими положеннями рiгiнгу, що наведені в розділі 1.2 та 1.3. Задля зручності перший рiг буде мати ім'я Рiг №1.

У цьому підрозділі наведено перелік функціональних особливостей, що впроваджено в Рiг №1 (рис. 3.1). Основний скелет представлено у вигляді низки кісток, що розташовуються безпосередньо на елементі, яким будуть керувати. Виконано точкову прив'язку для точного контролю впливу кісток.

Руки та ноги автоматично розроблено скриптом Create Limb за технологією «просунутих кінцівок». Відмальовано декілька фаз для таких елементів тіла, як очі, рот, кисті. Також є 2 фази для капюшону, що дає можливість переключити положення капюшону з надягнутого на знятий.

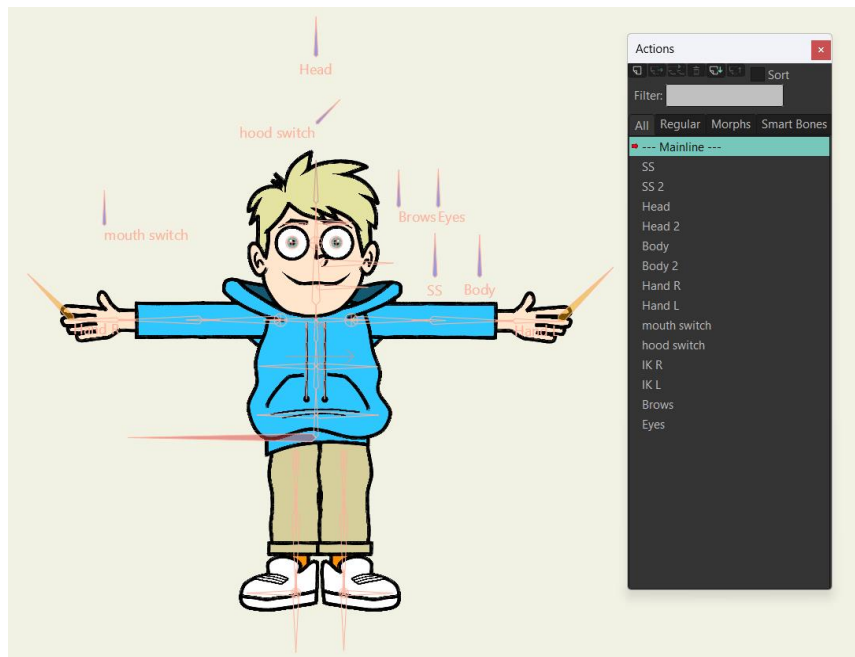


Рисунок 3.1 – Ріг №1 та перелік екшенів

Впроваджено набір смартбонів, що є базовим та загальноприйнятим методом автоматизації процесу анімації. Для зміни усіх наявних фаз елементів тіла створено смартбони та відповідні екшени, що допоможуть переключати фази, не виходячи з кісткового шару. Окрім того, створено окремі смартбони на зміну фази повороту тулуба та голови.

Налаштовано динаміку кісток для шнурків кофти, що автоматизує їхній рух в залежності від руху усього скелету. Створено екшен на стискання та розтягування тулуба. Впроваджено інверсну кінематику в систему кісток ніг.

Таким чином, було проведено практичне використання основних положень рігінгу при створенні Рігу №1, що не несе в собі інноваційного функціоналу та розглядається в роботі у якості вихідного мінімального набору методів автоматизації управління персонажу.

3.2.2 Огляд особливостей Рігу №2

На основі Рігу №1 було розроблено удосконалений Ріг №2, що має в собі практичне застосування низки просунутих методів автоматизації, що розглядаються в розділі 1.4 (рис. 3.2).

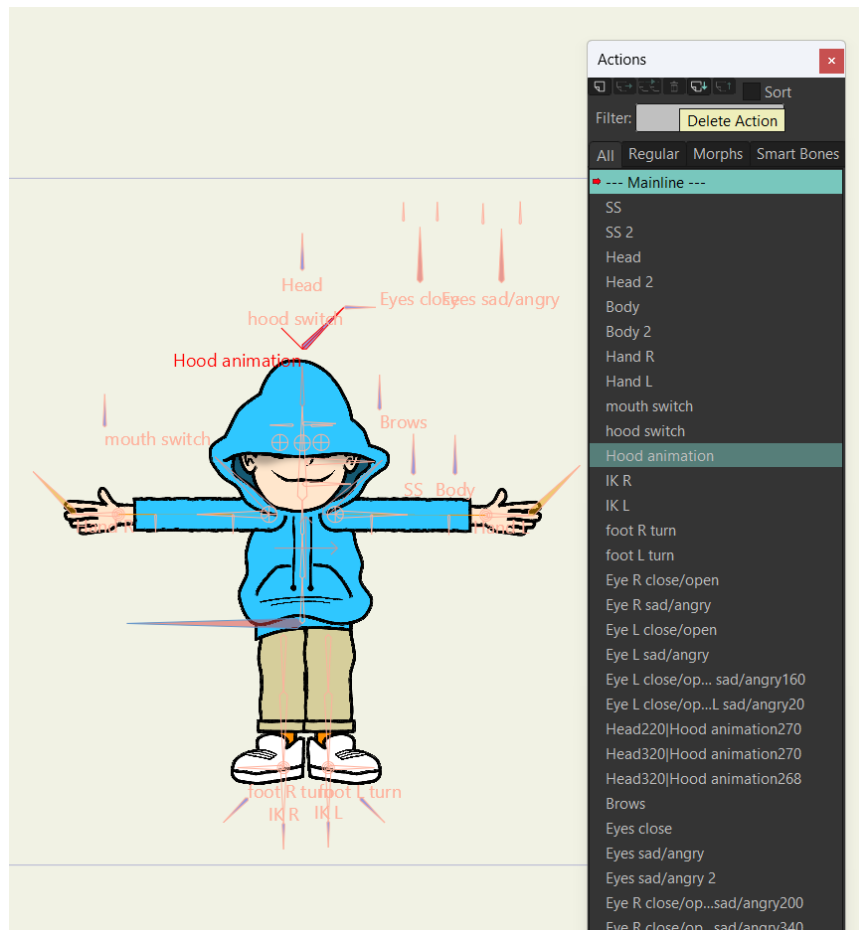


Рисунок 3.2 – Ріг №2 та перелік екшенів

Серед відмінностей Рігу №2 з Рігом №1 слід відмітити увесь набір впроваджені технології.

Перш за все, анімація різкої зміни фаз повороту голови та тулуба в екшенах була замінена на плавну анімацію, що суттєво збільшує спектр доступних позицій голови та тулуба, та впливає на візуальний ефект анімації повороту, створюючи імітацію 3D простору.

Впроваджено інверсну кінематику для кистей рук, що допомагає легше виставляти позицію кінцівки за аналогією з загальноприйнятим методом створення інверсної кінематики в кістках ніг. Під час дослідження роботи даного методу на кістках рук було виявлено певні проблеми, які потребували рішення:

- в більшості випадків кисті персонажу не мають бути зафіксовані в певній точці простору (це корисно лише за умови, якщо персонаж тримається за якийсь предмет або рука виступає у якості точки опору);

– при русі таргету кисті на відстані, що залучає згин кінцівки, важко налаштувати позицію через необхідність у зміні довжини плеча або передпліччя.

Шляхом аналізу базових принципів прив'язки кісток та налаштувань параметру IK stretch у випадку з необхідністю розтягування ніг при застосуванні інверсної кінематики, можна усунути наявні проблеми та удосконалити конструкцію шляхом впровадження двох змін:

– прив'язати таргет до кістки плеча, щоб кисть не зберігала статичну позицію в точці просторі при русі кістки плеча (при необхідності перевести руку в точку опору персонажа необхідно в потрібний момент відв'язати таргет від кістки плеча);

– зменшити параметр scale у кістки передпліччя в першому кадрі до моменту доходження вершини кістки до суглоба, скопіювати цей параметр довжини до нульового кадру та збільшувати параметр IK stretch кістки передпліччя до того моменту, коли вона доторкнеться до кістки таргету.

Це надає можливість при переміщенні таргету керувати одразу двома параметрами кістки передпліччя: нахилом та довжиною. Впровадження даного методу рігінгу рук зменшує кількість необхідних операцій для виставлення позиції руки (рис. 3.3).

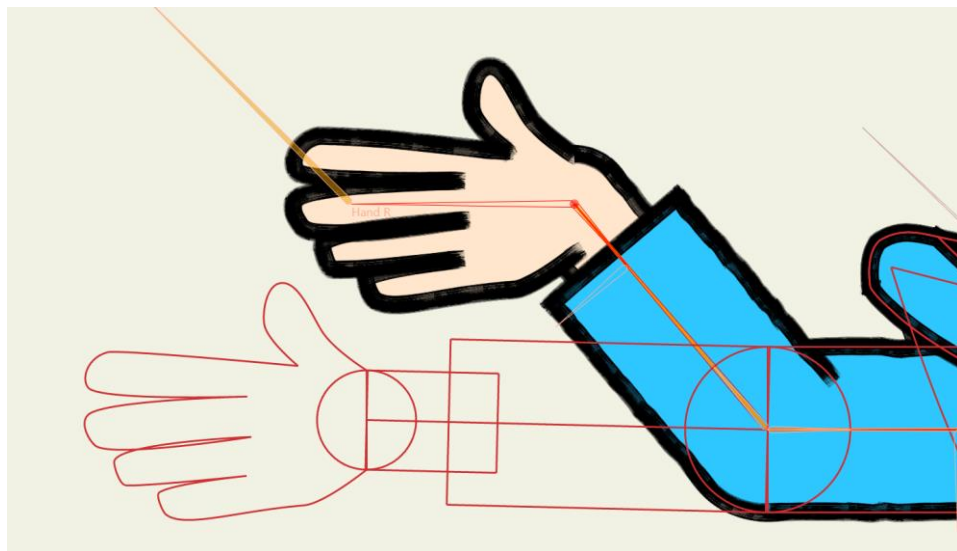


Рисунок 3.3 – Зміна позиції руки за допомогою переміщення кістки-таргету

Наступним вагомим впровадженням є смартбон на відключення інверсної кінематики в ногах. Рушієм до впровадження даного функціоналу була необхідність розташувати ногу в просторі без необхідності фіксування положення стопи у просторі під час тестування Рігу №1. Для впровадження даної зміни необхідно виконати відв'язку кістки від таргета, що додає до робочого процесу аніматора більшу кількість ручних операцій. Окрім цього, для вимкнення інверсної кінематики вручну треба досконало розумітися на рігінгу, що не завжди відповідає вимогам до аніматора. Для автоматизації цього процесу було створено 2 смартбони для кожної ноги, що автоматизують цей процес (рис. 3.4).

Наступне впровадження несе за собою прагнення удосконалити переключення фаз капюшону методом створення додаткового смартбону з екшенами анімації для кожної з фаз. Результатом додавання даного функціоналу є розширення можливостей позиціонування капюшону (можливо робити його напіводягненим або напівзвисаючим), та можливість анімувати зміну двох фаз із плавним переходом позицій векторних точок.

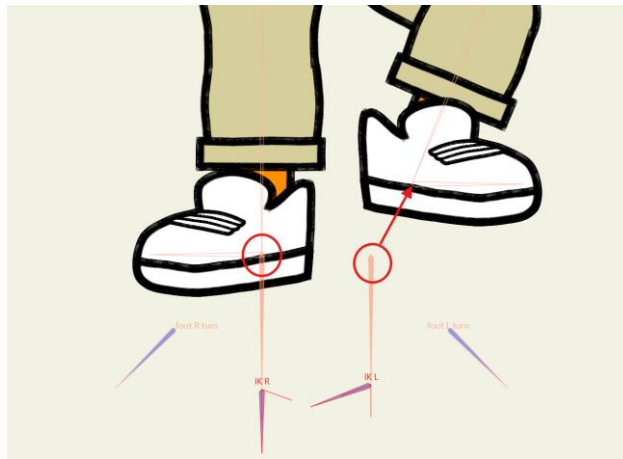


Рисунок 3.4 – Результат вимкнення інверсної кінематики правої ноги за допомогою смартбону

Основою методу є взаємодія двох екшенів: новоствореного смартбону анімації капюшону з наявним смартбоном різкої зміни фаз (рис. 3.5).

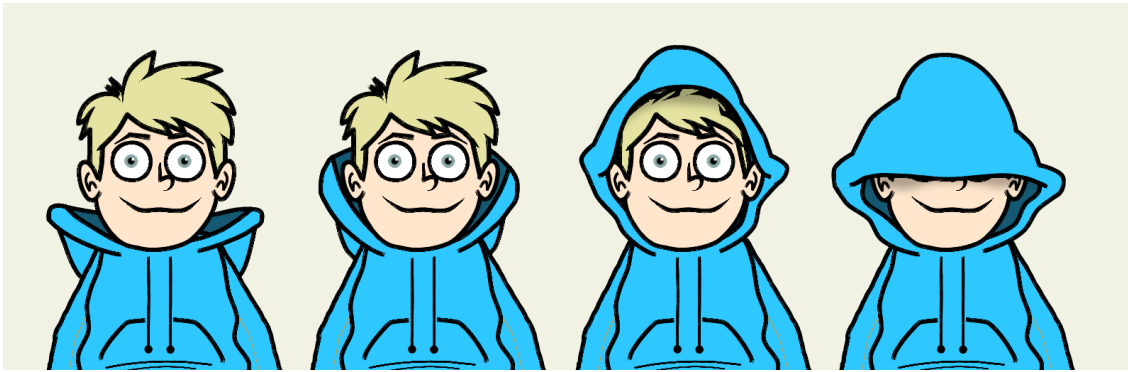


Рисунок 3.5 – Результат створення смартбону для плавного переходу між фазами капюшона

У рамках практичного застосування автоматизації для анімації капюшона при зміні фаз виник конфлікт із екшеном повороту голови. Дослідження можливих шляхів вирішення проблеми привело до рішення використати мікшування впливу смартбонів на точки капюшона за допомогою інструмента Mix Smartbones, що розглянуто в пункті 1.4.

У результаті отримали коректний рух точок капюшону при одночасному використанні смартбону зміни положення капюшону та повороту голови.

У функціонал Рігу №2 додалися смартбони на поворот кросівок, що застосовує аналогічний метод створення екшену, як у випадку зі зміною фаз капюшона.

Система управління очима для керування емоціями була замінена зі смартбону для різкого перемикання фаз на два окремі смартбони з плавною анімацією точкоповік за двома принципами:

- перехід від злості до суму через нейтральне положення;
- перехід від закритих до розплющених очей.

Під час розробки виникли ті самі труднощі в конфлікті двох екшенів між собою, як і у випадку з капюшоном. Рішенню проблеми також сприяв інструмент Mix Smartbones, що дало змогу усунути непотрібні деформації при спільній роботі двох розумних кісток (рис. 3.6).

Реалізовано впровадження деформерів для повного контролю форм рук. Ця технологія впливає на спектр можливих варіантів позиціонування

кінцівок та дає змогу створювати анімацію з використанням дугових форм (рис. 3.7).



Рисунок 3.6 – Результат використання скрипту Mix Smartbones

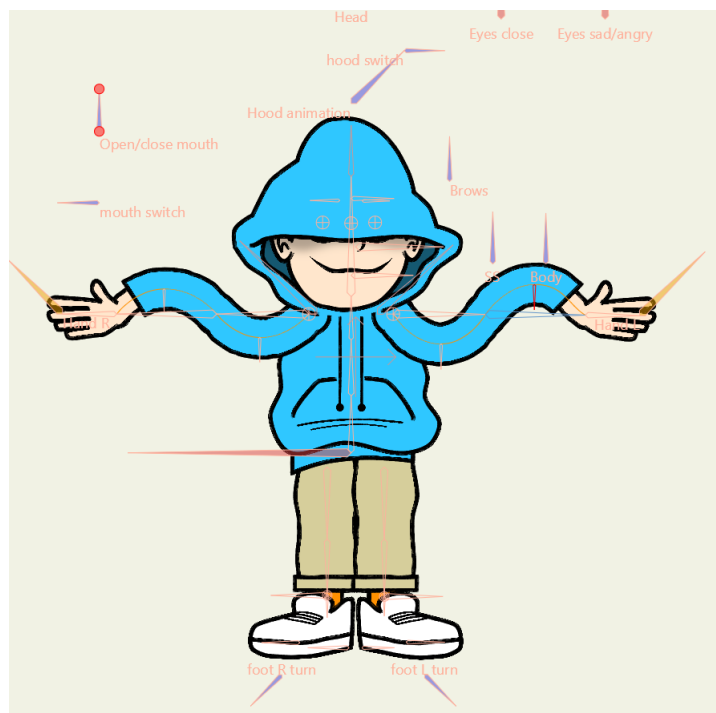


Рисунок 3.7 – Застосування деформерів

Також було впроваджено автоматизацію деформації одягу при русі певних елементів персонажа. Для реалізації даного функціоналу було використано метод задавання залежності для кісток капюшона та додаткових

кісток нижньої частини кофти від параметрів нахилу кісток голови та ніг відповідно. При завданні контролю кутів було обрано оптимальне значення сили залежності, що дорівнює 50%. Це дозволяє імітувати супротив одягу до рухів персонажа.

Таким чином, Ріг №2 має удосконалений набір функціоналу, що був впроваджений на основі дослідження сучасних методів ригінгу для оцінки своєї ефективності.

3.2.3 Огляд особливостей Ригу №3

У третьому варіанті ригу було впроваджено низку методів ригінгу, що замінили функціонал Ригу №2. Першою зміною є впровадження інструменту MR Pose Tool для керування скелетом персонажу при анімації. Для коректної роботи скрипта було видалено інверсну кінематику з рук. Сам скрипт показав широкий набір вбудованих функцій на етапі огляду матеріалів за темою дослідження, тож очікується, що він здатен підвищити автоматизацію процесу створення поз персонажа.

В продовж тестування роботи скрипта з руками виникли певні труднощі, бо кістки не піддавалися дії деяких функцій інструмента. Дослідження даної проблеми призвело до авторського рішення її усунення шляхом увімкнення параметру «ігнорування інверсної кінематики» кістками, що керують вигином деформерів (рис. 3.8).

Створено додатковий смартбон для керування точками кожної фази рота. Це розширює спектр можливих фаз рота для емоційного вираження та ліпсінку. Також створено шар з назвами фонем та фаз рота у відповідних місцях для зручності взаємодії із смартбоном (рис. 3.9).

Найбільш комплексна робота була проведена під час практичного застосування просунутого ригінгу стоп, що розглянуто в пункті 1.4.3.

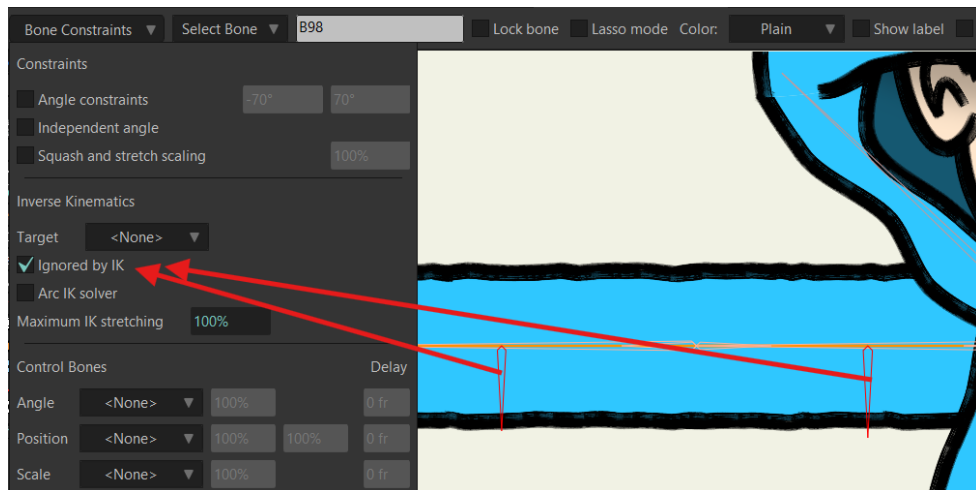


Рисунок 3.8 – Налаштування кісток, що керують деформерами для коректної роботи інструмента MR Pose Tool

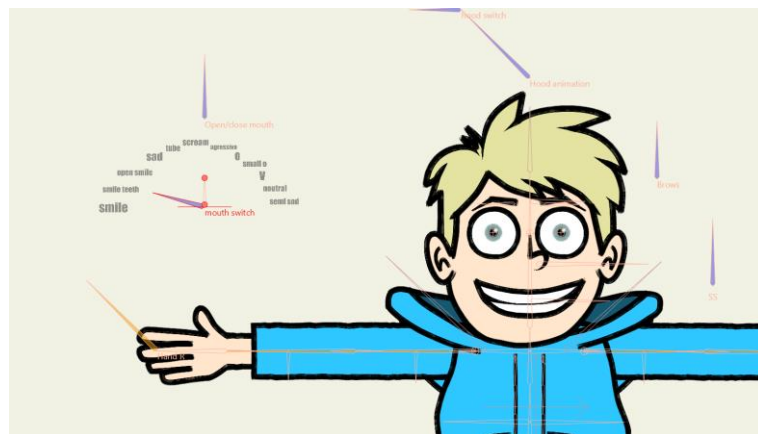


Рисунок 3.9 – Поліпшення навігації між фазами рота

Реалізація методу пройшла успішно, але зробила неможливим вимкнення інверсної кінематики для ніг. Саме це стало викликом до доповнення існуючої методики просунутого рігінгу стоп авторським підходом. На основі вбудованого інструменту Vitruvian Bones, що дозволяє об'єднувати дві різні системи кісток з можливістю переключення між ними, було розроблено додатковий ланцюг кісток, що належить нижній кістці ноги та створений для простого контролю стопи, як у попередніх версіях ригу.

Після об'єднання створеної системи кісток (простої) та просунутої системи кісток було створено смартбон з екшеном переключення між двома скелетами стопи.

Фінальна конструкція виглядає як на рисунку 3.10, де ліва нога показана з вимкненою інверсною кінематикою, а права з увімкненою:

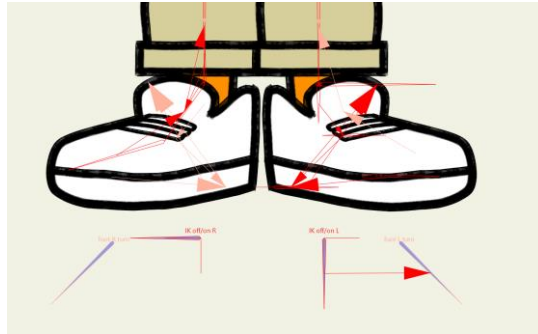


Рисунок 3.10 – Система кісток стоп на основі методу Foot Roll та авторського методу керування інверсною кінематикою в даній конструкції

Також в Ріг №3 було залучено використання інструменту Layer Order Buttons, що дозволяє підготувати екшени для різних варіантів порядку шарів рук та тіла. Він допомагає зафіксувати обраний порядок шарів у панель екшенів та надати активну кнопку у меню скрипта для подальшого впровадження потрібного порядку шарів натиском на кнопку (рис. 3.11).

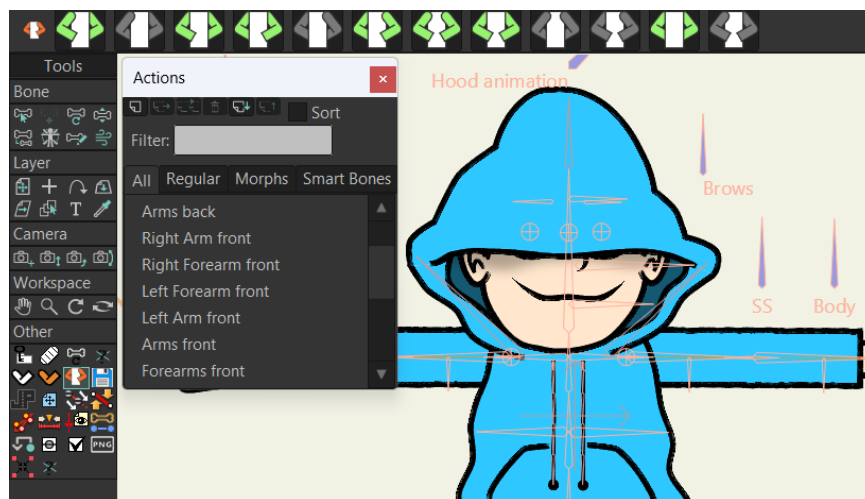


Рисунок 3.11 – Меню скрипта Layer Order Buttons та створені екшени

Окрім цього, до Рігу №3 в панель екшенів додано шаблон таких базових рухів, як біг та хода. Очікується, що створені шаблони допоможуть

аніматорам швидше створювати необхідні рухи шляхом корегування анімації в заготовках.

Таким чином, Ріг №3 має доволі суттєве розширення функціоналу, що базується на просунутих засобах автоматизації та використанні новітніх інструментів. Очікується, що саме цей набір покаже найвищі результати під час оцінювання.

3.2.4 Огляд експерименту

У даній роботі проведено експеримент з виявлення найвдалішого поєднання технологічних особливостей рігу для автоматизації процесів створення анімації. Одним з ефективних методів є метод експертних оцінок, який найкраще підходить, щоб визначити найвдаліший варіант.

Методи експертних оцінок є частиною великої області теорії прийняття рішень, а саме експертне оцінювання – процедура отримання оцінки проблеми на основі думки фахівців (експертів) з метою подальшого прийняття рішення (вибору).

Метод експертних оцінок реалізується шляхом обробки висновків фахівців у неформалізованих проблемних ситуаціях, коли відсутність достатнього масиву інформації або її недостовірність не допускає використання формальних математичних методів у чистому вигляді. Цей метод заснований на використанні інтуїції, минулого досвіду, аналогії та логіки. Процедури методу експертних оцінок засновані на використанні особи для отримання кількісної оцінки якісних суджень, які неможливо безпосередньо виміряти.

Експерти проводять інтуїтивно-логічний аналіз досліджуваної ситуації з кількісними або порядковими оцінками процесів чи явищ, після чого виконується формальна обробка результатів.

Для проведення експерименту запропоновано 3 варіанти рігу одного й того ж самого персонажу, що мають в собі різний об'єм

функціоналу, що пов'язаний з автоматизацією певних дій. Експертами було обрано людей фахівців в даній сфері, а саме – спеціалістів у сфері анімації з компанії TheSoul Publishing. Сам експеримент проводився шляхом віддаленої комунікації з експертами.

Для оцінки експертам було запропоновано 13 критеріїв у вигляді анкети (Додаток А). Після опитування експертів проводиться розрахунок результатів для виявлення найбільш ефективних методів ригінгу та залучених інструментів.

Для оцінювання характеристик ригів обрано бальний метод, бо він дозволяє не тільки визначити, що один риг кращий іншого, але також визначити на скільки він є кращим. Це допоможе оцінити результат НДР та економічну ефективність роботи.

Перелік критеріїв за порядком розташування у таблиці оцінювання:

- К1 – позиціонування рук;
- К2 – позиціонування ніг;
- К3 – легкість побудови комплексних поз;
- К4 – якість взаємодії кісткових ланцюгів;
- К5 – діапазон емоційного вираження;
- К6 – зручність та легкість налаштування емоцій;
- К7 – ліпсинк;
- К8 – рівень контролю векторних точок;
- К9 – точність взаємодії скелета з тілом;
- К10 – інтуїтивність та простота використання ригу;
- К11 – адаптивність до змін в скелеті та рескіну;
- К12 – легкість створення базових рухів;
- К13 – стабільність і продуктивність.

В таблиці 3.1 представлено оцінки експертів кожному ригу за кожним критерієм по шкалі від 1-го до 10-ти.

Таблиця 3.1 – Оцінки експертів за 10-бальною шкалою

Критерій оцінки	Ріг 1			Ріг 2			Ріг 3		
	Екс.№1	Екс.№2	Екс.№3	Екс.№1	Екс.№2	Екс.№3	Екс.№1	Екс.№2	Екс.№3
К 1	4	3	3	8	7	8	8	8	9
К 2	5	3	4	6	7	6	10	9	10
К 3	4	5	6	9	8	8	10	10	10
К 4	6	6	6	9	9	10	10	9	9
К 5	9	8	8	7	7	8	8	9	9
К 6	10	9	9	6	7	8	8	8	9
К 7	7	7	8	7	7	8	8	9	9
К 8	2	3	2	6	8	7	10	10	10
К 9	6	6	5	7	8	6	9	9	10
К 10	8	9	9	6	7	7	8	8	9
К 11	10	8	9	7	6	7	6	5	6
К 12	6	5	5	8	9	9	10	10	10
К 13	10	10	10	10	8	9	9	7	8

Для подальшої обробки результатів оцінювання необхідно, по-перше, підрахувати середнє значення оцінок трьох експертів для кожного рігу за кожним із критеріїв:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}, \quad (3.1)$$

де x_i – це оцінка експерта i за критерієм;

n – кількість експертів.

Для розрахунку коефіцієнта розбіжності оцінок експертів за кожним критерієм використовують стандартне відхилення оцінок експертів. Формула для стандартного відхилення виглядає так (3.2):

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}}. \quad (3.2)$$

Окрім розрахунку узгодженості думки експерті слід розрахувати середню оцінку по кожному з критеріїв для створення необхідних умов для порівняння балів. Оскільки розрахунки стандартного відхилення для кожного рiгу по кожному з критеріїв потребують великого обсягу обчислень – результати відповідних коефіцієнтів разом із середніми значеннями оцінок рiгів за кожним із критеріїв наведені у таблиці 3.2:

Таблиця 3.2 – Середні значення оцінок за критеріями та стандартне відхилення по кожному рішенню

Критерій оцінки	Рiг 1		Рiг 2		Рiг 3	
	Сер.оцінка	σ	Сер.оцінка	σ	Сер.оцінка	σ
К 1	3.33	0.47	7.67	0.47	8.33	0.47
К 2	4	0.82	6.33	0.47	9.67	0.47
К 3	5	0.82	8.33	0.47	10	0
К 4	6	0	9.33	0.47	9.33	0.47
К 5	8.33	0.47	7.33	0.47	8.67	0.47
К 6	9.33	0.47	7	0.82	8.33	0.47
К 7	7.33	0.47	7.33	0.47	8.67	0.47
К 8	2.33	0.47	7	0.82	10	0
К 9	5.67	0.47	7	0.82	9.33	0.47
К 10	8.67	0.47	6.67	0.47	8.33	0.47
К 11	9.00	0.82	6.67	0.47	5.67	0.47
К 12	5.33	0.47	8.67	0.47	10	0
К 13	10.00	0	9	0.82	8	0.82

Аналізуючи результати оцінювання можна побачити, що для критеріїв К3, К8, К12 Рiг №3 отримав найвищі оцінки експертів, демонструючи високу узгодженість ($\sigma = 0.00$), а для критеріїв К1, К2, К5, К7, К9 – став лідером з достатнім рівнем узгодженості думок експертів.

Сума середніх балів Рiгу №1 склала 84.32 з 130 можливих. Рiг №2 за сумою середніх балів отримав 98.33 зі 130 балів, а Рiг №3 – 114.27 балів.

Поступився Рiг №3 альтернативам за критеріями К6, К10, К11, та К14.

Програш Ріга №3 альтернативам по критеріям K10 та K11, свідчить про те, що зростання функціонал рігу буде впливати на зниження інтуїтивності та простоти використання рігу, та адаптивності до змін в скелеті та рескіну. Це цілком раціонально, тож задає нові виклики для поліпшення структуризації функціональних елементів у вьюпорті та розробку певних інструкцій для впровадження в скелет змін.

Програш Рігу №2 та Рігу №3 по критерію K6 свідчить, що методика керування очима шляхом контролю векторних точок повік не виправдала очікувань, та поступилася методу різкої зміни фаз очей. У той же час, схожа методика в контролі точок в об'єднанні зі перемикачем між фазами у випадку з ротом в Різі №3 – отримала найвищий бал за критерієм K7 «ліпсінк», де враховувалася зручність взаємодії з переключенням фаз і спектр можливих фаз рота. Можна зробити висновок, що впровадження смартбонів для керування повіками у поєднанні зі смартбоном для різкої зміни фаз очей може стати найбільш оптимальним варіантом, що поєднає зручність та широкий функціонал у керуванні очима.

За даними результатів оцінювання можна описати найбільш ефективні методи автоматизації для створення анімації:

- використання прямої кінематики в руках при залученні скрипта MR Pose Tool для взаємодії з рігом;
- створення кінцівок за допомогою скрипту Create Limb;
- впровадження динаміки кісток для необхідних елементів персонажа;
- просунутий рігінг стоп за методом Foot roll та створення смартбонів для керування відключенням інверсної кінематики за авторським методом;
- створення додаткових смартбонів на керування точками усіх фаз очей і рота лише у поєднанні із смартбонами на різку зміну цих фаз;
- додавання шаблонів анімації базових рухів для рігу;
- залучення інструменту Layer Order Buttons та налаштування відповідних екшенів на зміну порядку шарів;

– автоматизація деформації одягу залежно від руху скелету за допомогою додаткових кісток та налаштуванню залежностей їхніх параметрів від інших кісток скелету;

– наявність деформерів у верхніх кінцівках та налаштування ігнорування інверсної кінематики для кісток, що керують вигином деформерів;

– смартбони з додатковою анімацією переходу для елементів, що мають перемикач на дві фази;

– смартбони на плавний поворот голови, тулуба, стоп;

– застосування змішування екшенів при наявності декількох смартбонів, що контролюють однакові точки.

Отже вдалося виділити найефективніші засоби та методи автоматизації для анімації, що включають не тільки загальновідомі методи ригінгу, а й авторські рішення у їхньому поєднанні.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Характеристика науково-дослідної роботи

В економічній частині кваліфікаційної роботи обґрунтовано економічну доцільність автоматизації процесів для створення анімації.

У роботі досліджено використання певних методів удосконалення рігів, що полегшують розробку мультиплікаційних проєктів, розглянуто проблеми, які виникають при використанні загальних рішень та розроблено і реалізовано альтернативну методику рігінгу та підготовки персонажів до анімації, проведено розрахунок економічної ефективності.

Реалізація розроблених методів дозволяє підвищити якість рігів, а саме:

- автоматизувати певні процеси під час створення анімації;
- зменшити час необхідний для виконання задач анімації та рігінгу;
- адаптувати ріги до більш широкого діапазону задач в анімації.

4.2 Етапи виконання НДР, їх трудомісткість та заробітна плата

Під час виконання науково-дослідної роботи (НДР) було проведено огляд існуючих методів рігінгу, розглянуто основні типи елементів рігу, що здатні автоматизувати процес анімації та принципи, за якими вони впроваджуються, розглянуто проблеми, що виникають при створенні рігів та під час анімації. Після було розроблено методику створення рігу та його використання в анімації, що обходить розглянуті проблеми, та розроблено ріг персонажа, який використовує розроблену методику. Для оцінки розробленої методики було проведено експертне оцінювання трьох запропонованих варіантів рігів. На основі отриманих даних зроблено висновки про ефективність розробленого рішення порівняно з існуючими методами.

Умовно НДР можна розділити на такі етапи: підготовчий, основний і заключний.

Для підготовки проаналізовано існуючі методи рігінгу, визначено які складнощі виникають при використанні загальних рішень при роботі над мультимедійними проєктами.

В основній частині розроблено методику та її реалізація як ріг персонажу.

У заключній частині оцінено ефективність розробленого рігу, складено та захищено звіт з НДР.

Для виконання роботи були задіяні спеціалісти трьох компетенцій та керівник роботи: ілюстратор, заробітна плата – 40 000,00 грн/міс.; спеціаліст з 2D-рігінгу, заробітна плата – 50 000,00 грн/міс.; 2D-аніматор, заробітна плата – 60 000,00 грн/міс.; керівник роботи – 9 000,00 грн/міс.

Окрім перелічених спеціалістів, які необхідні для виконання роботи, було залучено трьох професійних 2D-аніматора у якості експертів для оцінювання розроблених рігів. Консультація велась на добровільній основі.

Проведемо розрахунок трудовитрат і заробітної плати виконавців робіт. Середньоденна заробітна плата виконавця робіт ($Z_{\text{ср.дн.}}$):

$$Z_{\text{ср.дн.}} = \frac{Z_{\text{ср.міс.}}}{n}, \quad (4.1)$$

де $Z_{\text{ср.міс.}}$ – середньомісячна зарплата виконавця роботи;

n – число робочих днів у місяці, ($n = 22$).

Етапи виконання НДР, перелік і зміст робіт, трудомісткість їх виконання, заробітна плата виконавців робіт представлені у таблиці 4.1.

Таким чином, сума витрат на заробітну плату в межах виконання НДР складе 12363,61 грн.

Таблиця 4.1 – Розрахунок трудовитрат і заробітної плати виконавців

Перелік робіт	Кількість виконавців	Посада виконавця	Трудо-місткість робіт, люд.-днів	Середньоденна заробітна плата, грн	Сума заробітної плати, грн
1. Підготовчий етап					
1.1. Розробка та затвердження ТЗ	1	Керівник роботи	1	409,09	409,09
1.2 Підготовка довідкових довідкових матеріалів та даних	1	Керівник роботи	1	409,09	409,09
2. Основний етап					
2.1 Постановка задачі	1	Керівник роботи	1	409,09	409,09
2.2 Розробка нарису та ілюстрації персонажа	1	Ілюстратор	1	1818,18	1818,18
2.3 Розробка векторного малюнка в MoHo та створення базового скелету персонажа	1	Рігер	1	2272,72	2272,72
2.4 Формування методики експерименту	1	Керівник роботи	1	409,09	409,09
2.5 Удосконалення рігу за різними методами, формування трьох різних варіантів рігу персонажа	1	Рігер	1	2272,72	2272,72
2.6 Тестування персонажів при виконанні певних анімаційних задач, створення шаблонів анімації базових дій	1	Аніматор	1	2727,27	2727,27
3. Заключний етап					
3.1 Оцінювання експертів	3	Аніматор	1	0	0
3.2 Обробка результатів роботи та формулювання висновка	1	Керівник роботи	1	409,09	409,09
3.3 Технічне оформлення звіту про виконання НДР	1	Керівник роботи	3	409,09	1227,27
Усього			13		12363,61

4.3 Розрахунок одноразових витрат на розробку НДР

Калькуляція собівартості розраховується відповідно до існуючих нормативних актів України. До складу калькуляції входять такі статті витрат:

- матеріальні витрати;
- витрати на оплату праці;
- єдиний соціальний внесок;
- амортизація основних засобів (вартість машинного часу);

- витрати на спожиту електроенергію;
- інші витрати.

Витрати на оплату праці розраховуються, виходячи з необхідного для виконання робіт складу й кількості працівників, а також із середньомісячної заробітної плати. Відповідно до проведених розрахунків витрати на оплату праці виконавців роботи дорівнюють 12363,61 грн.

Єдиний соціальний внесок (ЄСВ) є об'єднаним внеском, який регулярно і обов'язково сплачується до системи загальнообов'язкового державного соціального страхування. Цей внесок має на меті забезпечити соціальний захист у випадках, визначених законодавством, та гарантувати право на страхові виплати для застрахованих осіб та членів їхніх сімей у рамках різних видів державного соціального страхування.

Ставка єдиного соціального внеску складає 22 % від витрат на оплату праці, тобто розмір ЄСВ дорівнює 2719,99 грн.

Витрати на електроенергію розраховуються, виходячи зі споживаної потужності пристрою і тарифу на електроенергію. У даному випадку передбачається використання комп'ютерів потужністю 0,7 кВт/год. Вартість однієї кВт/год електроенергії прийнято у розмірі 4,32 грн. Витрати на використану обладнанням електроенергію (B_e) розраховуються за формулою:

$$B_e = M \cdot t \cdot T_{кВм}, \quad (4.2)$$

$$B_e = (0,7 \times 104 \times 4,32) = 314,50 \text{ грн.}$$

де M – потужність устаткування, тобто кількість енергії, споживаної за одиницю часу (кВт/година);

t – кількість годин використання устаткування за період проведення науково-дослідницької роботи;

$T_{кВм}$ – тариф, тобто вартість використання 1 кВт електроенергії.

Витрати на обслуговування ЕОМ визначаються з вартості ЕОМ і часу її експлуатації, після закінчення якого, вона підлягає заміні (звичайно цей час

не перевищує 3-х років), протягом року ЕОМ використовується 254 робочих дні. Отже амортизація основних засобів розраховується за формулою:

$$AB = \sum_{k=1}^L \frac{BO_k}{TE_k} \times T, \quad (4.3)$$

$$AB = \frac{67000,00 \times 13}{762} = 1143,04 \text{ грн.}$$

де АВ – сума амортизаційних відрахувань, нарахованих під час проведення НДР;

BO_k – вартість основних засобів k-го виду;

TE_k – термін експлуатації основних засобів k-го виду, днів;

T – термін НДР, днів;

L – кількість видів обладнання.

Загальна вартість обладнання, що використовується під час виконання НДР, дорівнює 67 000,00 грн.

До інших статей витрат відносяться такі:

– адміністративні витрати: (водопостачання, водовідведення, освітлення, опалення), які прийнято у розмірі 20 % від витрат на оплату праці;

– вартість оплати послуг зв'язку.

Адміністративні витрати складатимуть 20 % від витрат на оплату праці, тобто дорівнювати 2472,72 грн. Вартість оплати послуг зв'язку, а саме Інтернет – 150,00 грн за 13 днів виконання НДР.

За період виконання НДР витрати на відрядження, аутсорсинг, інформаційні послуги та маркетингові заходи не мали місця. Протягом розробки матеріальні витрати також не мали місця.

Для виконання НДР використовувався ряд програмного забезпечення. Для розробки нарису й фінальної ілюстрації персонажу використовувався

Adobe Photoshop, для відмальовки персонажа у векторному форматі, створення рігів та анімації використовувалася програма Moho Pro, для обробки зібраних даних та оформлення супутніх текстових матеріалів GoogleDocs. Серед програм, що використовуються в роботі, є платні продукти. Користувачі програмного забезпечення Adobe Photoshop мають змогу користуватися програмою за місячною підпискою, яка коштує 464,54 грн на місяць.

Програмне забезпечення Moho Pro доступне користувачам за одноразовий платіж, що становить 16 845,00 грн, що робить неможливою оцінку суми витрат на даний програмний продукт на період виконання робіт. У даному випадку слід розрахувати витрати на програмне забезпечення на час виконання НДР, спираючись на аналогічний програмний продукт Toon Boom Harmony, що є дуже близьким за функціоналом та призначенням до Moho Pro. Щомісячна плата за Toon Boom складає 2 989,00 грн.

Отже, витрати на програмне забезпечення складатимуть: Adobe Photoshop – 15,48 грн за один день використання, Moho Pro – 398,53 грн/4 дні.

Результати розрахунку кошторису витрат, тобто одноразових витрат, на виконання НДР, наведені у таблиці 4.2.

Таким чином, кошторис витрат на виконання даної НДР складає 19 577,87 грн.

Таблиця 4.2 – Кошторис витрат на розробку НДР

№	Стаття витрат	Сума, грн
1	Заробітна плата	12363,61
2	Єдиний соціальний внесок (22 % від п.1)	2719,99
3	Матеріальні витрати	–
4	Амортизація устаткування	1143,04
5	Витрати на спожиту електроенергію	314,50
6	Витрати на програмне забезпечення	414,01
6.1	Адміністративні витрати (20 % від п.1)	2472,72
6.2	Вартість послуг зв'язку	150,00
7	Усього витрати	19 577,87

4.4 Оцінка результатів науково-дослідної роботи

Результат – це наслідок послідовності дій, виконаних під час НДР, виражений якісно або кількісно. В загальному випадку оцінка результатів НДР – це визначення ефективності отриманих рішень порівняно з сучасним науково-технічним рівнем.

Відповідно до теми даного дослідження у якості результату впровадження НДР визначено покращення характеристик рігу та спрощення процесу розробки анімації після застосування певного набору удосконалень та залучення певних інструментів.

Результат від впровадження НДР визначається за формулою:

$$\Delta P_j = |X_{\text{б}j} - X_{\text{н}j}|, \quad (4.4)$$

де ΔP_j – покращення j -ої характеристики досліджуваного процесу за рахунок впровадження результатів НДР ($j = 1, m$);

m – кількість досліджуваних характеристик;

$X_{\text{б}j}$ – базове значення j -ої характеристики;

$X_{\text{н}j}$ – нове значення j -ої характеристики після впровадження НДР.

У експериментальній частині проведено бальне експертне оцінювання розроблених рігів за 13-тьма критеріями по шкалі від 1 до 10 балів.

Результати оцінювання наведені у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Сума середніх балів за всі критерії

Ріг персонажа	Ріг №1	Ріг №2	Ріг №1	Максимальний бал
Бали	84,32	98,33	114,27	130

Беручи до уваги, що ріг № 1 був вихідною точкою для удосконалення та запровадження результатів дослідження у вигляді створення рігів № 2 і

№ 3, можна стверджувати, що різниця в оцінюванні за якісними критеріями між першою та третьою версіями і є результатом від впровадження НДР у чисельному вигляді. Підставивши відповідні значення до формули (4.4), визначимо результат:

$$\Delta P_{\text{якості}} = |84,32 - 114,27| = 29,95 \text{ балів,}$$

Керуючись даним обчисленням, можна розрахувати відсоток поліпшення якості рігу після впровадження НДР:

$$\Delta P_{\text{якості}} = 29,95 \div 84,32 \times 100\% = 35,52\%$$

На основі обчислень можна стверджувати, що застосування низки методів автоматизації процесів для створення анімації поліпшили якість рігу на 35,52 %.

4.5 Визначення економічної ефективності результатів НДР

Для визначення економічної ефективності результатів НДР необхідно порівняти витрати на розробку НДР з отриманими результатами.

Основним показником економічної ефективності науково-дослідної роботи є коефіцієнт «ефект-витрати», який розраховується за формулою:

$$K_{ев} = \frac{\Delta P_j}{B_p}, \quad (4.5)$$

де B_p – витрати (кошторисна вартість) на виконання НДР, грн;

$K_{ев}$ – коефіцієнт «ефект-витрати», який відбиває, наскільки кожна гривня витрат НДР змінює j -ту характеристику досліджуваного процесу.

Підставивши раніше визначені значення до (5.6), розрахуємо чисельне значення коефіцієнту «ефект-витрати» розробленого рішення порівняно з загальними рішеннями:

$$K_{\text{ев}} = (29,95 / 19\,577,87) \times 100 \% = 0,15 \%$$

У результаті виконання НДР, можна зробити висновок про те, що робота має позитивний показник економічної ефективності. Використовуючи розроблену методику автоматизації процесів для створення анімації, кожна гривня призводить до збільшення якості рігів і анімаційного продукту. Роботу можна вважати ефективною та такою, що має науковий і технічний рівень.

ВИСНОВКИ

У дослідженні відповідно до завдання проведений аналіз літератури за темою кваліфікаційної роботи й розглянуті основні теоретичні засади втілення автоматизації процесів в програмі MoHo Pro. Проведений аналітичний огляд навчальних матеріалів дав можливість сформулювати загальні рекомендації щодо етапів такої роботи. Для виконання завдань кваліфікаційної роботи був складений план (алгоритм) реалізації проєкту.

Результати дослідження засвідчили, що застосування методів автоматизації в ригінгу в програмі MoHo Pro значно покращує ефективність процесу анімації, дозволяючи скоротити часові та трудові витрати. У ході дослідження було розроблено та оцінено три ріга, кожен з яких відрізнявся функціоналом, рівнем автоматизації та можливостями налаштування. Залучення експертів для оцінки цих варіантів за ключовими критеріями дозволило об'єктивно оцінити кожен варіант та кожний залучений метод автоматизації ригів.

Порівняльний аналіз отриманих результатів показав, що певний об'єм застосованих методів для автоматизація в ригінгу позитивно впливає на кожен із критеріїв оцінювання ригів, бо зменшує трудомісткість роботи при створенні анімації, вносить різноманітності до варіантів анімації ригу, підвищує точність і знижує ризик людських помилок, що критично важливо при роботі над великими проєктами з обмеженими дедлайнами. Це твердження підкреслює вірність висунутої гіпотези.

Крім того, автоматизовані рішення виявилися ефективними не тільки для автоматизації для створення анімації, а й для спрощення процесу ригінга завдяки впровадженню розглянутих додаткових інструментів.

Розглянуті в роботі підходи до автоматизації процесів та сучасні методи ригінгу дозволили сформулювати рекомендації для професійного використання MoHo Pro з метою оптимізації процесів ригінгу та анімації.

Впровадження цих рекомендацій сприятиме підвищенню ефективності роботи, дозволяючи аніматорам створювати високоякісний продукт за коротші терміни та з меншими зусиллями. Таким чином, дослідження вносить вагомий внесок у розвиток автоматизованих методів у сфері анімації та стане корисним для аніматорів і спеціалістів з ригінгу, які прагнуть оптимізувати свою роботу в MoHo Pro, зберігаючи якість і креативність.

Таким чином, можна вважати, що результат дослідження відповідає вимогам поставленого завдання, мета дослідження досягнута.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Arm Draw and Rig with Tools // Rigged Animation. URL: <https://www.youtube.com/channel/UCS4R-7L27Fd5bOZrxHNnPiw> (дата звернення: 29.10.2024).
2. Moho Rigging - How to Model and Rig Arms // ANIMOHO. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=0VjdJexh3x8> (дата звернення: 29.10.2024).
3. Create Limb 2 // Moho Scripts. URL: https://mohoscripts.com/script/am_create_limb_2 (дата звернення: 29.10.2024).
4. Move selected to coord // Moho Scripts. URL: https://mohoscripts.com/script/sz_move_selected_to_coord (дата звернення: 29.10.2024).
5. How to Use Smart Bones // Bloop Animation. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=HVIBoRhrqvQ> (дата звернення: 30.10.2024).
6. Basic Smart Bones // Moho Animation Software. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=eQGLqROjatU> (дата звернення: 30.10.2024).
7. Moho Script | Create a bone between two coordinates // MoeU33. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=o-GvMwiYZPQ> (дата звернення: 30.10.2024).
8. Просунутий ригінг – деформери MOHO // This is Borsch. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=Xj61kBeg5LU&t=3882s> (дата звернення: 29.10.2024).
9. Вільямс Р. Анімація: посібник по виживанню / пер. з англ.: Р. Дзюба, І. Миргородська. Київ: ArtHuss, 2019. 384 с.
10. Moho Pro Advanced Features for 2D animation – Lost Marble Software, Inc URL: <https://moho.lostmarble.com/pages/features> (дата звернення: 18.01.2025).
11. Селбі Е. Анімація / пер. з англ. В. Заєць. Київ: ArtHuss, 2019. 224 с.
12. Крісп Дж. Анімація: Світова історія. Київ: Нова Книга, 2014. 242 с.
13. Кульчицький О. Теорія і практика анімації. Київ: Ніка-Центр, 2005. 420 с.

14. Гвінн К., Генні І.Ф. Основи анімації: Вступ до цифрового мультимедіа. Київ: Видавець, 2012. 212 с.

15. Ткаченко В.П., Криворучко М.О. Використання скриптів при створенні 2D-анімації в Moho Pro // Поліграфічні, мультимедійні та web-технології. 2023. Т. 1. С. 213-214.

16. Дейнеко Ж.В., Криворучко М.О. Моушен-дизайн як анімаційне мистецтво // Поліграфічні, мультимедійні та web-технології. 2022. Т. 1. С. 103-104.

17. Бізюк А.В., Вовк О.В., Ткаченко В.П. Основи наукових досліджень: навч. посібник. Харків: ХНУРЕ. 2018. 180 с.

18. Moho 12 Users Manual – Lost Marble Software, Inc URL: https://lostmarble.net/Manuals/Moho%20Users%20Manual_HQ.pdf (дата звернення: 18.01.2025).

19. Foot roll rig. Lost Marble Forum – Share Your Work. URL: <https://www.lostmarble.com/forum/viewtopic.php?t=36918> (дата звернення: 18.01.2025).

20. MR pose tool.mohoscripts. URL:https://mohoscripts.com/script/mr_pose_tool (дата звернення: 18.01.2025).

21. Vitruvian Bones//Moho Animation Software. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=BaT3De3YBC0> (дата звернення: 18.10.2024).