

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет архітектури, будівництва та дизайну

(повне найменування факультету)

Кафедра архітектури та дизайну

(повне найменування кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «МАГІСТР»

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ
ПАКЕТІВ ТРИВИМІРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПІД ЧАС
РОЗРОБКИ МАКЕТІВ КОЛЕКЦІЙНИХ СТАТУЕТОК

спеціальність 022 Дизайн

(цифр і назва спеціальності)

освітня програма «Дизайн»

(назва освітньої програми)


Виконав: здобувач вищої освіти
групи Дм - 21
ЛЕМЧУК Богдан Олександрович


(підпис)

Керівник:
Доктор технічних наук, професор
ПУСТЮЛЬГА Сергій Іванович


(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
«14» грудня 2024 р.
Гарант освітньої програми:
канд. мист., доцент
БОНДАРЧУК Юлія Сергіївна


Луцьк – 2024 рік

Луцький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет архітектури, будівництва та дизайну
Кафедра архітектури та дизайну
Ступінь вищої освіти: магістр
Галузь знань: 02 «Культура та мистецтво»
Спеціальність: 022 «Дизайн»
Освітня програма: «Дизайн»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідуюча кафедри архітектури та дизайну

Оксана ПАСІЧНИК

» грудня 2024 року

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**
на здобуття другого (магістерського) рівня вищої освіти

ДЕМЧУК Богдан Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи «Особливості використання сучасних пакетів тривимірного моделювання під час розробки макетів колекційних статуєток»,

керівник кваліфікаційної роботи Пустюльга Сергій Іванович, д.т.н., професор.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затвержені наказом вищого навчального закладу від «30» грудня 2023 року № 456/01-02

2. Строк подання кваліфікаційної роботи 14 грудня 2024 року

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: *Аналіз та дослідження особливостей використання сучасних пакетів тривимірного моделювання під час розробки макетів колекційних статуєток для подальшого 3D-друку.*

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

У 1 розділі - дослідити історіографію статуєток та комп'ютерних інструментів для створення їх макетів. 2 розділ - класифікувати статуєтки та систематизувати програмне забезпечення для створення їх тривимірних моделей. 3 розділ - виокремити особливості створення тривимірних моделей для різноманітних галузей індустрії розваг.

У 4 розділі - розробити основні засади використання комплексу графічних програм при створенні тривимірної моделі статуєтки. На прикладі створення власної моделі статуєтки, висвітлити особливості використання різних тривимірних застосунків та описати принципи підготовки моделі для тривимірного друку

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): *Ілюстрації історії становлення статуєток та програмного забезпечення для створення їх тривимірних макетів. Типологічні схеми та класифікація статуєток і програмного інструментарію для їх моделювання. Ілюстрації варіантів розробки власної моделі статуєтки. Концептуальні ідеї підготовки розробленої моделі для тривимірного друку.*

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видано	Завдання прийнято
Розділ 1	Пустюльга С.І., доктор технічних наук, професор		
Розділ 2	Пустюльга С.І., доктор технічних наук, професор		
Розділ 3	Пустюльга С.І., доктор технічних наук, професор		
Розділ 4	Пустюльга С.І., доктор технічних наук, професор		

7. Дата видачі завдання 1 вересня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

N з/п	Назва етапів науково-проектної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Розділ 1.	20.09.2024	
2.	Розділ 2.	01.10.2024	
3.	Розділ 3.	25.10.2024	
4.	Розділ 4.	01.11.2024	
5	Формування висновків та додатків	10.11.2024	
6	Розробка проєктної частини	17.11.2024	
7	Формування реферату	04.12.2024	
8	Подання пояснювальної записки на перевірку	6.12.2024	
9	Подання виконаної КР з відгуком	12.12.2024	
10	Подання виконаної КР на підпис декану та відповідальному секретарю ЕК	14.12.2024	
11	Захист кваліфікаційної роботи	17.12.2024	

Магістрант

ДЕМЧУК Б. О.

(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної
роботи

ПУСТЮЛЬГА С.І.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Демчук Б.О. Особливості використання сучасних пакетів тривимірного моделювання під час розробки макетів колекційних статуєток

Кваліфікаційна робота магістра ОП “Дизайн” спеціальності 022 Дизайн. Луцький національний технічний університет. Луцьк 2024. Робота складається: з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних жерел (23 пункти) та додатків. Загальний обсяг роботи складає – 96 ст, з них додатків – 41 ст.

Мета даного дослідження полягає у висвітленні особливостей використання сучасного програмного забезпечення для створення тривимірних моделей статуєток, придатних для подальшого тривимірного друку.

Були вирішені наступні завдання: 1) представлено історіографію статуєток та комп’ютерних інструментів для створення їх макетів; 2) класифіковані статуєтки та систематизовано програмне забезпечення для створення їх тривимірних моделей; 3) виокремлені особливості створення тривимірних моделей для різноманітних галузей індустрії розваг; 4) розроблено основні принципи використання комплексу графічних програм при створенні тривимірної моделі статуєтки; 5) на прикладі створення власної моделі статуєтки, висвітлені особливості використання різних тривимірних застосунків та описані принципи підготовки моделі для тривимірного друку. Після проведення та аналізу тестових видруків визначені характерні можливі зміни в моделі для покращення майбутніх результатів.

Перший розділ орієнтований на опис історичного підґрунтя розглянутих тем. Другий розділ проводить класифікацію колекційних статуєток та програм для роботи з тривимірною графікою. Третій розділ розглядає особливості моделей, створених для різноманітних галузей індустрії розваг. Четвертий розділ присвячений розробці основних принципів використання комплексу графічних програм при створенні тривимірної моделі статуєтки.

Ключові слова: тривимірна графіка, тривимірне моделювання, колекційна статуєтка, топологія, Zbrush, Blender, Substance Painter, Marmoset Toolbag 4.

ANNOTATION

Demchuk B.O. Peculiarities of using modern three-dimensional modeling packages during the development of models of collectible figurines.

Master's qualification work of OP "Design" specialty 022 Design. Lutsk National Technical University. Lutsk 2024. The explanatory note consists of: an introduction, four chapters, conclusions, a list of used sources (23 points) and applications. The total volume of work – 96 pages, of which applications – 41 pages.

The purpose of the study is to highlight the features of using software for working with 3D graphics to create a three-dimensional model suitable for further 3D printing. The following tasks were solved: 1) present the historiography of 3D graphics and collectible figurines; 2) provide a classification of collectible figurines and software; 3) to provide information considering the main stages of creating a 3D model and the associated terminology; 4) to outline the key differences between models created for different purposes; 5) highlight the features of using various 3D applications during the creation of a 3D model, using the example of a created model; 6) To describe the principles of preparing a model for 3D printing.

The first chapter focuses on describing the historical background of the topics under consideration. The second chapter provides a classification of collectible figurines and software for working with 3D graphics. The third chapter examines the features of models created for different purposes. The fourth chapter explores the specifics of using 3D graphics software, illustrated by the example of a created model.

Key words: 3D graphics, 3D modeling, collectible figurine, topology, ZBrush, Blender, Substance Painter, Marmoset Toolbag 4.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1 Історіографія статуєток та комп'ютерних інструментів для створення їх макетів	11
1.1 Історія розвитку програм для роботи з тривимірною графікою	11
1.2 Програмне забезпечення яке змінило підходи до створення тривимірних моделей.....	14
1.3 Колекційні статуєтки як явище масової культури	15
1.4 Популяризація колекційних статуєток	17
Висновки до 1 розділу	19
РОЗДІЛ 2 Класифікація статуєток та систематизація програмного забезпечення для створення тривимірних моделей	20
2.1 Типологія колекційних статуєток	20
2.2 Класифікація програм для роботи з тривимірною графікою в контексті етапів створення тривимірної моделі.....	21
2.2.1 Моделювання	21
2.2.2 Ретопологія	25
2.2.3 Робота з UV розгорткою	25
2.2.4 Робота з текстурами.....	26
2.2.5 Візуалізація.....	27
Висновки до 2 розділу	29
РОЗДІЛ 3 Особливості моделей, створених для різноманітних галузей	31
3.1 Головні складові тривимірної моделі	31
3.2 Особливості створення моделей для різних галузей індустрії розваг.....	32
Висновки до 3 розділу	35
РОЗДІЛ 4 Принципи використання комплексу графічних програм при створенні тривимірної моделі статуєтки для 3D-друку.....	37
4.1 Моделювання.....	37
4.2 Ретопологія	43
4.3 UV-розгортка	45
4.4 Текстурування	47
4.5 Візуалізація.....	50
4.6 Підготовка моделі до тривимірного друку.....	51
Висновки до 4 розділу	53

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	55
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	56
ДОДАТКИ.....	59
Додаток А.....	59
Ілюстрації.....	59
ДОДАТОК Б	67
Таблиці та схеми	67
ДОДАТОК В.....	70

ВСТУП

Розвиток та узагальнений доступ до таких технологій, як тривимірне моделювання та тривимірний друк, дозволив широкому загалу художників вільно експериментувати з міриадами ідей. Тривимірна графіка слугує інструментом, який заохочує креативність у митців і пробачає помилки, а можливості тривимірного друку дозволяють втілювати ідеї в життя та, за потреби, забезпечують швидку реалізацію задумів.

Широка популяризація тривимірної графіки уможливила дослідження цього напрямку широкому загалу користувачів. Її доступність дала кожному шанс спробувати свої сили у створенні тривимірних моделей. Хоча технологія стала загальнодоступною і програмне забезпечення з роками рухається в бік спрощення користувацького досвіду, створення тривимірної моделі все одно потребує багажу як практичних, так і теоретичних знань. Кількість технічних термінів і різноманіття програмного забезпечення, доступного на ринку, з яким стикається новачок, може бути складним для розуміння та систематизації.

Створення моделі вимагає підготовки та встановлення чітких цілей, що в подальшому дозволить спростити певні аспекти робочого процесу.

Об'єктом магістерського дослідження є процеси поетапного створення тривимірних моделей.

Предмет дослідження: особливості використання сучасних пакетів тривимірного моделювання для розробки макетів колекційних статуєток з їх подальшим 3D-друком.

Мета та завдання дослідження. Метою дослідження є висвітлення особливостей використання сучасного програмного забезпечення для створення тривимірних моделей статуєток, придатних для подальшого тривимірного друку.

Завдання роботи: 1) представити історіографію статуєток та комп'ютерних інструментів для створення їх макетів; 2) класифікувати статуєтки та систематизувати програмне забезпечення для створення тривимірних моделей; 3) виокремити особливості створення тривимірних моделей для різноманітних

галузей індустрії розваг; 4) розробити основні принципи використання комплексу графічних програм при створенні тривимірної моделі статуетки; 5) на прикладі створення власної моделі статуетки висвітлити особливості використання різних тривимірних застосунків та описати принципи підготовки моделі для тривимірного друку. Після проведення та аналізу тестових видруків визначити можливі зміни в моделі для покращення майбутніх результатів.

Методи дослідження. У даному науковому дослідженні, для досягнення поставлених цілей та мети, було застосовано як теоретичні, так і практичні методи дослідження. Методи аналізу та спостереження використовувалися для дослідження процесів створення колекційних статуеток. Особливо аналізувався розвиток тривимірної графіки як інструменту тривимірного моделювання образів для індустрії розваг. За допомогою методу систематизації розроблено основні принципи використання комплексу графічних програм при створенні тривимірної моделі статуетки та описано принципи підготовки моделі для тривимірного друку.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у:

1. Комплексному представленні історіографії статуеток та комп'ютерних інструментів для створення їх макетів, з подальшою типологічною систематизацією програмного забезпечення, що використовується у процесі створення тривимірних моделей статуеток.
2. Виокремленні особливостей створення тривимірних моделей образів для різноманітних галузей індустрії розваг.
3. Розробці основних принципів використання комплексу графічних програм для створення тривимірної моделі статуетки та визначенні особливостей підготовки макету для 3D-друку.

Практичне значення отриманих результатів. Результати роботи можна використати: 1) у науково-теоретичних дослідженнях; 2) у навчально-методичній роботі; 3) при популяризації тривимірної графіки та збільшення обізнаності процесів створення тривимірних моделей.

Структура роботи.

Складовими роботи є вступ, чотири розділи, список використаних джерел (23 позиції) та додатки. Обсяг наукової роботи (55 сторінок) без додатків. Додатки становлять 41 сторінок.

РОЗДІЛ 1 Історіографія статуеток та комп'ютерних інструментів для створення їх макетів

1.1 Історія розвитку програм для роботи з тривимірною графікою

Початок розвитку тривимірної графіки можна пов'язати з американським ученим Іваном Сазерлендом, який у 1961 р. створив додаток SketchPad. Ця невелика, але революційна програма відкрила можливості для створення перших тривимірних об'єктів. За допомогою світлового пера, програма дозволяла створювати векторні фігури на дисплеї (рис. А.1), зберігати їх і використовувати прості шаблони.

Важливим аспектом SketchPad було використання концепції «батько-нащадок», що дозволяла багаторазово копіювати об'єкти і змінювати кожен із ескізів за потребою. Якщо вносилися правки в початковий об'єкт, його дублікати відповідно перебудовувалися. Ще одним значущим аспектом винаходу Sketchpad були інструменти автоматичного малювання. Саме SketchPad стала тим самим «поштовхом», який слугував бурхливому розвитку тривимірних зображень. У тому ж 1961 році студент С. Рассел створив першу комп'ютерну відеогру «Spacewar».

Університет Юти стає центром досліджень в галузі комп'ютерної графіки завдяки Д. Евансу і І. Сазерленду, які в цей час були найпомітнішими особистостями в цій галузі. Пізніше, в університеті Юти, А. Гуро та Б. Фонг досліджували методи затінення, оптимізували алгоритми візуалізації і забезпечили кращу реалістичність у відображенні світла та його відбиття.

У 1972 році Б. Фонг, Р. Макдермотт, Д. Кларк і Р. Ром, за допомогою комп'ютерної графіки під керівництвом І. Сазерленда, створили тривимірне зображення, яке вперше в історії детально відтворювало фізичний оригінал – «Фольксваген-жук» (рис. А.2).

У 1974 році Е. Кетмелл захистив докторську дисертацію з назвою «Метод моделювання елементів для створення кривих поверхонь на екрані

комп'ютера», в якій він досліджував такі ключові аспекти, як нашарування текстур, бікубічні фрагменти і Z-буфер.

Особливий інтерес у 1975 році викликав чайник Юта, який став символом тривимірної комп'ютерної графіки після того, як М. Ньюелл використав його для перевірки своїх графічних досліджень. Чайник став ідеальним об'єктом для тестування завдяки своїй структурі і різноманітності поверхонь, а також здатності відтворювати світло і створювати тіні. Ньюелл поділився деталями про чайник з колегами-дослідниками, які вже почали використовувати цей символічний об'єкт у своїх роботах.

Протягом певного часу дослідники та науковці розробляли алгоритми, які дозволяли моделювати фізичні закони та явища в тривимірній графіці. Ці алгоритми включають в собі ефекти відбиття та прозорості об'єктів, розсіювання та поглинання світла, а також заломлення променів світла при проходженні через прозорі матеріали. Ці фізичні явища є фундаментом для створення реалістичних зображень у програмах тривимірної графіки.

Поява перших персональних комп'ютерів призвела до широкого поширення використання САПР не тільки у сферах аерокосмічної та автомобільної промисловості, а й в практично усіх комерційних інженерних підприємствах. Протягом цього періоду повноцінне тривимірне моделювання розвивалося та ставало ключовим напрямком у розробці програмного забезпечення. Після 1980 року тривимірна графіка та моделювання постійно вдосконалювалися: з'явилася можливість відображати на екрані кольорові зображення, були продемонстровані перші тривимірні кінофільми, відбувся перехід до фотореалістичної анімації, що призвело до появи повнометражних комп'ютерних анімаційних фільмів.

Стан тривимірної графіки на період кінця 20 століття характеризувався надзвичайною складністю створення органічних та гуманоїдних моделей. Така складність була зумовлена браком інструментарію для моделювання та технологій візуалізації. Героями першого повнометражного тривимірного мультфільму «Історія іграшок» були дитячі іграшки саме завдяки технологічним

обмеженням кінця 20 століття. Складність створення гуманоїдних моделей та обмеження технологій рендерингу спонукали компанію Pixar відкинути ідею мультфільму з дітьми в головних ролях та натомість зняти фільм про іграшки.

Як було зазначено вище, в ранні роки, тривимірна графіка в значній мірі була обмежена стінами університетів, лабораторій та виробництвами. Початок масового розповсюдження програм для роботи з тривимірною графікою можна пов'язати із появою продуктів компанії Autodesk. Компанія, заснована в 1982 році, основним видом діяльності вважала постачання програмного забезпечення для промислового та цивільного будівництва, машинобудування та індустрії розваг.

Першим продуктом компанії був пакет AutoCAD - система автоматизованого проектування, яка вперше була тиражована в 1982 році. З розвитком ринку Autodesk розпочала розробляти різноманітні спеціалізовані рішення, наприклад:

- Autodesk Softimage - пакет моделювання та анімації, спеціалізований для індустрії розваг і створений, як відзначалося в рекламних слоганах, «з думкою про художників» та клієнтів із низьким рівнем технічних знань;
- Autodesk 3ds Max - пакет для архітектурної візуалізації;
- Autodesk Revit - пакет для проектування архітектурних форм.

Хоча асортимент Autodesk можна із впевненістю назвати найбільш популярним, вона не була єдиним гравцем на ринку. Наприкінці 1990-х було зрозуміло, що тривимірна графіка має велике майбутнє і низка компаній розпочали свою діяльність з її розробки та вдосконалення. Махон та її флагманський продукт Cinema 4D - пакет для створення та редагування графіки, котрий, на відміну від продуктів Autodesk, розроблений із філософією про ринок «моушен-дизайну».

Foundry Modo запропонувала унікальний підхід до полігонального моделювання разом із сучасним дизайном користувачького інтерфейсу.

1.2 Програмне забезпечення яке змінило підходи до створення тривимірних моделей

Початок 21 століття характеризується виходом двох пакетів із дуже схожою метою – перенести процес скульптури у цифровий простір. Цими програмами були Autodesk Mudbox [5] та Pixologic ZBrush.

Mudbox початково був розроблений як один із внутрішніх інструментів компанії «Weta Digital» під час роботи над візуальними ефектами для екранізації «Володаря перстнів» за романом Джона Толкіна. Потім програма була доопрацьована та видана як самостійний продукт (рис. А.3).

Вперше як незалежний застосунок, вона була використана при роботі над фільмом «Кінг-Конг» (2005 рік). На проекті пакет Mudbox застосовувався для створення моделі Кінг-Конга, тиранозавра та інших фантастичних органічних об'єктів.

У період між 2004 та 2012 роками Mudbox був головною програмою для цифрової скульптури на ринку тривимірного програмного забезпечення. Програма використовувалася при розробці більшості фільмів, комп'ютерних ігор та інших продуктів з елементами комп'ютерної графіки.

Головними нововведеннями, які пропонував Mudbox, були можливість працювати з мільйонами полігонів одночасно та редагувати текстурі прямо на моделі.

У 2007 році Mudbox була куплена компанією Autodesk - планувалося, що програма стане доповненням до вже існуючої на той час лінійки програмного забезпечення: Autodesk Maya, 3Ds Max, Softimage. Під керівництвом Autodesk програма продовжила отримувати оновлення, хоча з плином часу вони все менше відповідали вимогам індустрії, що спонукало художників шукати альтернативу.

Саме в цей момент з'явилася компанія Pixologic зі своїм продуктом під назвою ZBrush, який представляв собою прямого конкурента на той час досі дуже популярного Mudbox. На момент виходу перших версій ZBrush його

функціонал у значній мірі програвав продукту від Autodesk, однак якість оновлень ZBrush та кількість нових революційних функцій, які вони привносили, швидко вивели новачка на ринку у лідери.

Уже з версії 4.0 ZBrush отримав більшість своїх основних функцій, які допрацьовуються та оновлюються до сьогоднішнього дня. ZBrush була викуплена компанією Maxon та є найпопулярнішою програмою для цифрової скульптури на ринку. Ряд компаній розробляють свої застосунки для цифрової скульптури, але функціонал їхніх продуктів у значній мірі поступається ZBrush.

Можна стверджувати, що на сьогоднішній день ZBrush не має справжніх конкурентів у своїй галузі.

Історична важливість вищеописаних програм виражається через їхній вклад у розширення можливостей тривимірної графіки. Розвиток програм для цифрової скульптури вивів тривимірну графіку на раніше недоступний рівень. Тепер немає об'єкта, який не можна було б відтворити у 3D, - це питання підбору потрібної програми та оптимізації робочого процесу.

Креативна свобода, яку пропонує цифрова ліпка, швидко завоювала популярність серед художників. Інтуїтивність процесу ліпки привабила нових користувачів, і багато традиційних скульпторів знайшли цифрову ліпку дуже зручною альтернативою глині.

1.3 Колекційні статуетки як явище масової культури

Якщо звернутися до історії статуетки, то можна відзначити, як фігурки видозмінювалися із плином часу і як матеріали для їх виготовлення відображали філософію виробу. Спочатку різноманітні статуетки носили релігійний характер. У часи Стародавнього Єгипту їх виготовляли з папірусу, глини та дерева, вони використовувалися як амулети та розміщувалися в гробницях фараонів (рис. А.4). У часи Стародавньої Греції основним матеріалом для виготовлення релігійних фігурок був теракот.

Японія відома своїми традиціями, пов'язаними з ляльками, і зокрема святом «*Hinamatsuri*», що перекладається як «День ляльок». Японські ляльки виготовлялися із дерева та вдягалися у багаті декоровані костюми (рис. А.5) [2]. У ляльках, виготовлених для театральних постановок, використовувалися дорогоцінні метали. Такі екземпляри були одними з перших, які почали розглядатися як витвори мистецтва.

Винайдення порцеляни у 7–9 століттях дало новий поштовх у виробництві різноманітних декоративних елементів, зокрема й статуєток. Порцеляна на довгий час стала основним матеріалом у виготовленні преміальних статуєток. У період 16–17 століть фарфорові статуєтки використовувалися як дорогі подарунки та екзотичні предмети колекціонування при європейських дворах. За часів рококо фарфорові статуєтки стали популярними серед європейської знаті. Особливо вирізняються роботи німецької мануфактури Meissen.

Варто відзначити, що переважна більшість вищеописаних статуєток були монолітними. Фігурки з рухомими деталями були значно складнішими у виготовленні й відповідно рідше зустрічалися.

Колекційні фігурки у більш знайомому нам вигляді з'явилися як доповнення до коміксів. Виходила нова новела - і до неї в комплект випускалася лімітована серія фігурок персонажів. Це сталося приблизно у 70-х роках минулого століття, але передісторія почалася трохи раніше.

Зародження фігурок сталося завдяки Дону Левіну з Hasbro, який придумав зробити ігрові «ляльки» для хлопчиків - у вигляді моряків, піхотинців тощо. Наступною серією стали астронавти, створені на основі прототипів NASA, з дуже реалістичними скафандрами, мініатюрними транспортними засобами та рухомими суглобами (рис. А.6). По суті, це були повноцінні «екшен-фігурки», але ще не прив'язані до якогось поп-всесвіту [6].

Пізніше, компанія Meگو вирішила виготовляти фігурки супергероїв і до 1976 року утримувала лідерство на ринку. Вже трохи пізніше до неї приєдналися DC, Marvel та інші виробники. Одними з перших героїв, які отримали свої фігурки, стали Диво-Жінка, Бетмен і Людина-павук. Ще одна колекція була

випущена за мотивами фільму «Зоряні війни», ставши першою серією фігурок на основі кінофільму.

Коли саме ці фігурки стали виключно колекційними і почали цінуватися фанатами, точно не відомо. Ймовірно, це сталося з самого початку і поступово розвивалося природним шляхом. У підсумку, до 90-х років на Заході сформувався цілий культ колекційних фігурок. У незалежній Україні, після падіння СРСР, феномен колекційних статуєток був перенесений вже в готовому вигляді - з широким вибором персонажів, варіацій форм і матеріалів.

1.4 Популяризація колекційних статуєток

На початку 2000-х років почався рух, спрямований на створення доступних 3D-принтерів для широкого загалу. Проект RepRap, започаткований у 2005 році британським інженером Адріаном Босром, поставив за мету створити відкриту платформу для виробництва 3D-принтерів, які можуть відтворювати самі себе. Цей рух сприяв значному зниженню вартості тривимірних принтерів та підвищенню їхньої доступності.

До 2010-х років технологія тривимірного друку стала більш доступною для широкої аудиторії. Такі виробники, як MakerBot, почали випускати принтери, орієнтовані на масовий ринок. Завдяки зниженню вартості та підвищенню точності друку 3D-принтери почали використовувати не лише у промислових, але й у освітніх установах, наукових лабораторіях та навіть удома.

Популяризація та доступність нової технології виробництва, котра пропонувала чудовий баланс між якістю та ціною, привабила на ринок велику кількість нових учасників. З'явилася незліченна кількість нових компаній, що займалися тривимірним друком на замовлення. Поширилися стартапи, які пропонували унікальні товари, пов'язані з популярним хобі, наприклад, тематичні набори фігурок та елементів ландшафту для поціновувачів настільної гри Dungeons and Dragons.

Настільки доступний метод втілення власного дизайну в життя посприяв виникненню такого феномену в художній спільноті, як «Art Toys» (рис. А.7). Це - колекційні фігурки або іграшки, які поєднують у собі елементи сучасного мистецтва, дизайну та популярної культури [14]. Більшість «Art Toys» випускаються в обмеженій кількості або навіть у вигляді єдиних, у своєму роді, об'єктів. Це робить їх привабливими для колекціонерів, адже рідкість таких фігурок підвищує їхню цінність і попит на ринку.

Часто над їхнім дизайном працюють відомі художники, дизайнери або бренди. Існують також колаборації між різними художниками та компаніями, що виробляють фігурки. Наприклад, такі художники, як KAWS, Takashi Murakami та Ron English, створюють власні колекції, які стають дуже популярними серед фанатів і колекціонерів.

«Art Toys» виготовляються з таких матеріалів як вініл, смола, пластик, метал або дерево. Найпопулярнішими є вінілові фігурки, хоча інші матеріали також часто використовуються, особливо в індивідуальних чи обмежених випусках. Тривимірний друк, у свою чергу, дозволяє швидко реалізовувати розроблений дизайн та, за потреби, вносити корективи [7].

«Art Toys» стали частиною глобальної культури колекціонування. Багато колекціонерів відвідують спеціалізовані заходи, виставки і ярмарки, такі як DesignerCon або Toy Fair, де можна знайти рідкісні та ексклюзивні фігурки. Інтернет та соціальні мережі також відіграють значну роль у популяризації «Art Toys», дозволяючи художникам та колекціонерам спілкуватися, обмінюватися новинами.

Затрати на виготовлення колекційної статуетки значно знизилися, що разом із доступністю програмного забезпечення привернуло до цієї сфери нових учасників. З'явилася велика кількість художників, які пропонують оригінальні статуетки власного бренду. Більш креативний підхід до дизайну все більше перетворює цей рух на мистецтво. З'являються прецеденти художніх виставок, присвячених авторським колекційним статуеткам. Разом із популяризацією

тривимірного друку зростає кількість доступної інформації, пов'язаної з тематикою тривимірного друку.

Висновки до 1 розділу

У першому розділі було розглянуто історичні витoki тем, висвітлених у роботі.

Проаналізовано історію становлення технологій тривимірної графіки та її розвиток впродовж років. Наведено найважливіші наукові досягнення у галузі тривимірної графіки, які сприяли її розвитку: розробка першої тривимірної програми SketchPad та технологій, важливих для розвитку тривимірної графіки. Впродовж років тривимірна графіка перейшла зі стану технології доступної лише працівникам університетів та інженерам великих підприємств до технології, доступної широкому загалу, чому сприяла діяльність такої компанії як Autodesk. Саме вона розробила та випустила на ринок лінійку тематичних застосунків для роботи із тривимірною графікою, чим відкрила можливість застосовувати дану технологію широким масам.

Особлива увага була приділена розвитку програм для цифрової скульптури оскільки саме можливість відтворити процес скульптури у цифровому просторі, дозволила залучити до роботи з тривимірною графікою художників та значно збільшити аудиторію зацікавлену даною технологією.

Друга частина 1 розділу висвітлює розвиток колекційних статуєток як явища, що має глибокі історичні корені у процесі людської еволюції. Колекціонування стало масовим явищем та з плином часу зайняло своє місце серед різноманітних хобі.

Розвиток сучасних технологій, таких як тривимірний друк призвів до подальшої популяризації руху колекціонування статуєток. Можливість легко втілювати свій дизайн створення фігурок у життя привабила в дану сферу нових художників. Ряд із авторів бачать у створенні колекційних статуєток ознаки повноцінного мистецтва.

РОЗДІЛ 2 Класифікація статуєток та систематизація програмного забезпечення для створення тривимірних моделей

2.1 Типологія колекційних статуєток

Ринок колекційних статуєток представляє собою широке різноманіття форм матеріалів та тематик. Найпростішим критерієм за яким можна розподілити колекційні фігурки - це їхній розмір.

Розподіл за розміром:

- Trading figures - це мініатюрні фігурки, які продаються у закритих упаковках. Найчастіше вони є найдешевшою групою статуєток (рис. А.8).
- Другий різновид фігурок - розміром до 10 см. Це базова категорія, на яку звертає увагу більшість колекціонерів. Такі фігурки продаються як у відкритих, так і в закритих коробках, і зазвичай виробники дають можливість заздалегідь зрозуміти, хто саме всередині. Виняток – Японія, де більшість таких коробок повністю закриті (рис. А.9). Справжні колекціонери відразу після випуску серії замовляють від п'яти до десяти коробок і потім обмінюються непотрібними персонажами на форумах.
- Найбільші колекційні фігурки - від 15 см і вище. Максимуму тут немає, у продажу є фігурки - 80 см і навіть більше. Дана категорія є найдорожчою. Фігурки пакуються у напівпрозорі упаковки, щоб можна було детально розглянути, що саме клієнт купує (рис. А.10).

Із вище наведеного розподілу видно, що існує кореляція розміру та ціни колекційної фігурки. Чим більша фігурка - тим дорожче вона коштуватиме. Однак, рідкісні екземпляри не підпадають під це правило.

Для цілої когорти колекціонерів найважливішою є не ціна та розмір статуєтки, а її приналежність до певного всесвіту або виробника.

До списку найбільших світових брендів із виготовлення статуєток можна віднести: Bethesda, Bandai Namco, Mattel, Select Diamond Toys, Exquisite, Hasbro, Pop Mart, Kotobukiya, Spin Master, Funco, NECA, Schleich, Jakks Pacific, Gaya,

Good Smile, Hasbro, Tomu. Це основні західні бренди. Крім них є ще кілька десятків азіатських виробників, які випускають фігурки по манзі і культових комп'ютерних іграх.

Ще одним критерієм класифікації є **функціональність**. Спосіб в який статуетка дозволяє з собою взаємодіяти:

- Статичні – представляють собою статичну монолітну або розбірну статуетку без рухомих деталей. В комплекті можуть міститись певні змінні деталі, як то голова з іншим виразом обличчя або змінний комплект аксесуарів (рис. А.11).
- Екшен фігурка - фігурка з рухомими частинами. Представляє собою дорожчу варіацію дитячих іграшок. Вона також може містити змінні деталі (рис. А.12).
- Фігурки «гараж кіт» - моделі, які потрібно збирати і розфарбовувати самостійно (рис. А.13).

2.2 Класифікація програм для роботи з тривимірною графікою в контексті етапів створення тривимірної моделі

Процес створення тривимірної моделі трудомісткий та вимагає часу. Можна виокремити п'ять основних стадій у роботі над моделлю: моделювання, ретопологія, UV розгортка, текстуровання, візуалізація.

Розглянемо поділ програм в контексті етапів створення моделі.

2.2.1 Моделювання

Моделювання- створення об'єкту за допомогою різноманітних програм для створення та редагування тривимірної геометрії.

Якщо говорити про програми для створення та редагування тривимірної геометрії то, насамперед, їх варто поділити по способу побудови поверхні тривимірного об'єкту. Першою категорією будуть усі САД програми, які для побудови поверхні використовують математичні формули.

В контексті CAD об'єкти складаються із неперервних та монолітних поверхонь. CAD моделювання найстаріший вид тривимірного моделювання. Його найголовнішою перевагою є точність. В контексті даної роботи цей вид моделювання не використовується.

Наступним типом створення тривимірних поверхонь є полігональне моделювання. Об'єкт в полігональному моделюванні складається з полігонів, котрі, в свою чергу, складаються із вершин і ребр. Кожен полігон, вершина та ребро мають унікальну нумерацію та присвоєні їм координати у тривимірному просторі. Система пов'язаних між собою полігонів, так звана полігональна сітка, є основою тривимірного об'єкту (рис. А.13).

Програми полігонального моделювання з точки зору підходу до роботи з тривимірною поверхнею можна розподілити на наступні категорії:

- **Класичні або модульні.**

Програми з класичним підходом до полігонального моделювання найчастіше являються багатофункціональними пакетами. Зазвичай вони мають модульну систему, коли кожна частина програми відповідає за свій аспект роботи з тривимірною графікою. Кількість модулів варіюється в залежності від програми. До стандартного набору можна віднести: модуль для створення та редагування тривимірної геометрії, модуль для анімації, для роботи з UV розгорткою, модуль для візуалізації та інструментарій для роботи з симуляцією рідин, твердих тіл та часток.

Наприклад, у програмі Blender, окрім вищеперерахованих компонентів, є також модуль для двовимірної анімації та модуль для композитингу та редагуванню відео файлів. Моделювання в модульних програмах відбувається за допомогою двох наборів інструментів. Перший - дозволяє редагувати вершини, ребра та полігони групами та окремо один від одного, а другий набір носить назву «модифікатори», які впливають на весь об'єкт.

Різноманітність та виправданість присутності на ринку багатьох класичних програм зі схожим функціоналом зумовлена спеціалізацією даних продуктів на певній галузі тривимірної графіки. Таким чином, багато на перший

погляд однакових програм - апелюють до різної цільової аудиторії. Наприклад, Cinema 4D відома своїм широким та зручним інструментарієм для роботи з симуляціями та направленістю на ринок моушен дизайну.

Autodesk Maya, завдяки розвинутому інструментарію для анімації, дуже широко використовується для створення тривимірних мультфільмів. Foundry Modo пропонує унікальний інструментарій для полігонального моделювання та інноваційний підхід до дизайну користувачького інтерфейсу.

- **Програми для цифрової скульптури.**

Основою робочого процесу в таких програмах виступають «пензлики» (рис. А.15). Це інструменти, котрі редагують групу полігонів згідно заданого шаблону. Наприклад, дозволяють витягувати та вдавлювати полігональну сітку залишати на ній відмітини, визначені користувачем. Перевагою даних програм є їхня оптимізація для роботи з десятками мільйонів полігонів, що дозволяє створювати моделі високої деталізації. Програми з класичним підходом до моделювання нездатні працювати з такими об'ємами геометрії. Ліпка дозволяє підходити до моделювання з більшим креативом. Цей процес інтуїтивно зрозумілий і знайомий кожному з дитинства, що в свою чергу значно знижує поріг входу для новачків. Впродовж останніх семи років на ринку спостерігається тенденція на імплементацію функціоналу для цифрової скульптури до модульних пакетів для роботи із тривимірною графікою, наприклад, таких як Autodesk Maya, Cinema 4D та інших.

- **Процедурне створення тривимірної геометрії (рис. А.16).**

Досить унікальним підходом до роботи з полігональними моделями є процедурне моделювання - це метод створення тривимірних моделей і сцен за допомогою алгоритмів, а не ручного моделювання [23]. Це означає, що об'єкти генеруються автоматично на основі заданих параметрів та правил, що спрощує процес моделювання складних структур і об'єктів. Даний метод широко використовується під час створення ландшафтів, рослинності, будівель тощо. Основні переваги процедурного моделювання:

1. Автоматизація: процес генерації значно зменшує обсяг ручної роботи, оскільки моделі створюються автоматично за певними параметрами.

2. Масштабованість: процедурні методи легко генерують великі й детальні сцени, такі як міста, ліси або цілі світи, які складно створити вручну.

3. Варіативність: за допомогою процедурних алгоритмів можна створювати нескінченні варіації об'єктів, що особливо корисно при створенні великих масивів подібних об'єктів.

4. Корегованість: процедурна система дозволяє робити корекції елементів створених на будь-якому етапі робочого процесу.

- **Програми для симуляції.**

Данна категорія програм спеціалізується на відтворенні процесів та фізичних законів реального світу. Класичні пакети тривимірної графіки мають вбудовані модулі для симуляції. Програми можуть постачатись у вигляді програмних додатків так званих плагінів, котрі не є окремими програмами, а призначені для роботи разом з іншим пакетами тривимірної графіки або у формі незалежних застосунків. Зазвичай такі програми спеціалізуються на симуляції низки схожих за тематикою процесів як то рідин та м'яких об'єктів, вогню та диму. Існують програми, присвячені симуляції росту рослин та застосунки для створення фізично коректних ландшафтів, котрі симулюють геологічні процеси. Процес симуляції не дозволяє прямо редагувати створену тривимірну геометрію. Редагування відбувається за допомогою задання числових параметрів, які транслуються у фізичні параметри явища, що підлягає симуляції. Результати симуляції подаються у формі статичної геометрії або анімації (рис. А.17).

Серед даного виду програмного забезпечення варто відзначити Houdini, розроблену компанією Side Effects Software. Програма представляє собою класичний редактор тривимірної графіки з широким та потужним інструментарієм для симуляцій. Також Houdini пропонує процедурний підхід до роботи у кожному зі своїх модулів.

2.2.2 Ретопологія

Ретопологія – процес створення нової топології для уже існуючого тривимірного об'єкту. Ретопологія використовується коли існуюча топологія не відповідає цілям для яких використовуватиметься модель (рис. А.18).

Модульні програми для роботи з тривимірною графікою пропонують вбудовані методи ретопології однак часто вони не відрізняються ергономічністю. Даний недолік повинні виправити незалежні застосунки. Такі застосунки пропонують низку інструментів спеціально розроблених для пришвидшення процесу створення нової топології.

2.2.3 Робота з UV розгорткою

UV розгортка – це репрезентація полігональної сітки об'єкту на площині. Інформація про розгортку моделі зберігається разом з тривимірною геометрією, а не з її текстурою (рис. А.19).

Інструментарій розгортки запропонований модульними програмами. Раніше було згадано що більшість модульних програм для роботи з тривимірною графікою мають вбудований інструментарій для роботи з UV розгорткою. Вбудований інструментарій таких ветеранів ринку як Autodesk 3Ds Max, Maya та Blender характеризуються своєю застарілістю, зумовленою приналежністю до великого програмного пакету, котрий призначений для вирішення широкого спектру завдань. А чим більше функцій має інструмент - тим повільніше виходить розвивати кожну його складову.

Однозадачні програми для UV розгортки конкурують з великими пакетами за рахунок оптимізації процесу роботи. Розробники таких програм використовують найновіші алгоритми для розгортки та пропонують інтерфейси і додатковий інструментарій спеціально пристосований до завдання.

2.2.4 Робота з текстурами

Текстурою називають растрове зображення, яке накладається на тривимірний полігональний об'єкт. Цей процес дозволяє надати поверхні тривимірного об'єкту певних властивостей, рис та конкретних візуальних характеристик (рис. А.20). Якість текстури вимірюється кількістю та роздільною якістю текстурних сетів. Чим ці два показники вищі - тим якісніша текстура.

У ранні роки розвитку тривимірної графіки процес текстуровання тривимірного об'єкту був досить прямолінійним та вимагав мінімуму інструментів. Після створення розгортки об'єкту, вона у форматі растрового зображення завантажувалася в редактор зображень, після чого текстура малювалася вручну поверх UV островів. При цьому, не було можливості в реальному часі спостерігати як текстура виглядає на моделі. Такий робочий процес вимагав багато переміщень між застосунками та часу. Ситуація змінилася із виходом перших версій програми Substance painter. Програми для редагування текстурних карт в основному є однозадачними програмами. Можна виділити декілька типів таких застосунків:

- **Однозадачні програми для роботи з текстурами.**

Такі застосунки поєднують можливість програм для перегляду тривимірних моделей і функціонал редакторів зображень, що дозволяє редагувати текстури прямо на моделі. Програми даного типу часто використовують систему шарів та режимів їх перекриття схожу на ту, що використовується у сучасних редакторах зображень. Такі програми хоч і дозволяють переглядати моделі, не можуть редагувати їх геометрію. Маніпуляціям підлягають виключно різноманітні текстурні карти та матеріали призначені для моделі.

- **Процедурна генерація текстур.**

Методи створення текстур з використанням фотографій та їх комбінацій доповнилися процедурним текстурованням. Принцип процедурної генерації був описаний раніше. Тут варто відзначити, що своє найширше застосування він знайшов саме при виготовленні текстур. Більшість модульних програм дають

можливість процедурної генерації текстур в основному за допомогою редактора матеріалів. Однак на ринку представлено низку програм, які спеціалізуються виключно на даному методі текстуровання.

2.2.5 Візуалізація

Візуалізація прямо не впливає на створення тривимірного об'єкту. Цей етап поєднує всі попередні. Візуалізація створює двовимірне зображення або анімацію на основі тривимірної моделі. Вона дозволяє перетворювати тривимірні об'єкти, що існують у цифровому просторі, в зображення, яке можна побачити на екрані. Під час розмови про візуалізацію, варто згадати про процес створення матеріалів. Матеріалом називають поєднання текстури та декількох чорно білих зображень. Данні зображення виконують роль налаштувань для рушій рендерингу. Опираючись на ці зображення рушій відобразить різні фізичні властивості об'єкту, як то, чи даний предмет металевий, як добре він відбиває світло, чи він прозорий або може він сам випромінює світло.

Кожен модульний пакет для роботи з графікою включає інструментарій для роботи з матеріалами та рушій для візуалізації з повною інтеграцією з іншими модулями програми. Усі рушії рендерингу належать до одного з двох сімейств:

- Baised renders - упередженні рендери [17,18]. Рендери, які поетапно обчислюють «фізичні» властивості або наближаються до цього процесу. Більшість таких властивостей можна змінювати безпосередньо в налаштуваннях рендера, тому він не базується на точному відтворенні фізичних явищ, а використовує власні допущення для створення візуального ефекту реалістичності. Упередженні рендери характеризуються більшою швидкістю роботи.
- Unbaised renders - неупереджені рендери. Рендери «без налаштувань», засновані на фізичних формулах для розрахунку поведінки світла. Їхні алгоритми максимально наближаються до природних явищ, таких як генерація світла, його падіння на поверхні, заломлення, відображення та

поглинання. Хоча фізично точні рендери дають високу якість зображення, час, необхідний для отримання результату, значно перевищує аналогічний показник у системах, що не базуються на фізичних моделях. Для зручної роботи з такими рендерами рекомендується використовувати багатоядерні та багатопроесорні комп'ютери [19].

Усі рушії рендерингу використовують певну модель для прорахунку поведінки світла. Згідно цьому критерію можна виокремити рендери, які використовують:

- Rastereization – растеризація [21]. Візуалізація здійснюється проекцією об'єктів сцени на екран без урахування ефекту перспективи для глядача. Такий метод дає найбільшу швидкість роботи, однак пропонує найнижчу фізичну коректність.
- Ray casting - метод кидання-променів. Сцена спостерігається з певної точки. Від цієї точки промені спрямовуються на об'єкти сцени, щоб визначити колір кожного пікселя на екрані. Промені зупиняються, як тільки досягають об'єкта чи фону, без подальшого розповсюдження. Цей метод може використовувати прості оптичні ефекти, а перспектива досягається природним чином, коли кут променя змінюється відповідно до положення пікселя на екрані.
- Ray tracing – трасування променів [20]. Подібне до методу кидання променів, але відмінність полягає в тому, що промені не зупиняються після зіткнення з об'єктом, а розщеплюються на три складові: відбиті, тіньові і заломлені промені. Кількість таких поділів визначає глибину трасування, що впливає на якість і фотореалістичність зображення. Цей метод створює реалістичні зображення, але вимагає значних обчислювальних ресурсів і часу для рендерингу.
- Path tracing - трасування шляху. Варіант трасування променів, який найбільш точно відтворює фізичні закони поширення світла. Завдяки своїй точності, цей метод є найбільш ресурсозатратним.

Також рушії рендерингу діляться на ті котрі працюють у реальному часі та ті що вимагають більших часових затрат. Більшість рушіїв реального часу представлені у вигляді окремих програм. Їхньою головною перевагою є швидкість роботи. Як зрозуміло із назви, зображення рендериться миттєво, що стає можливим завдяки меншій точності у відтворенні поведінки світла. Такі рендери переважно використовуються у ігровій індустрії. Рушії рендерингу, які не працюють в реальному часі, складають більшість рендерів представлених на ринку. Саме вони найчастіше поступають в комплекті з великими модульними програмами. Вони пропонують найвищу фізичну коректність зображення в обмін на більші затрати часу та ресурсів комп'ютера (рис. Б.1).

Висновки до 2 розділу

Розділ присвячено як класифікації статуєток, так і систематизації комп'ютерних програм для створення їх макетів.

Наведено типологію сучасної колекційної статуєтки. По-перше, види статуєток були розподілені за критерієм їх розміру. Під час збору інформації стала очевидною кореляція між розміром статуєтки та її ціною.

Визначено два наступні критерії типології статуєток. В роботі запропоновано класифікувати їх за функціональністю та належністю до певного виробника.

Систематизовано програми тривимірної графіки з позицій можливостей створення тривимірних моделей. Виділені характерні етапи розробки моделей. У межах кожного етапу розглянуто різновиди програмного забезпечення, які забезпечують найефективніше виконання відповідних завдань.

Виокремлено дві основні категорії програмного забезпечення стосовно задач створення комп'ютерних макетів статуєток, а саме:

- модульні застосунки, які пропонують інструментарій, здатний виконувати більшість етапів створення моделі в межах одного додатка;

- однозадачні застосунки, що дублюють функціонал окремих модулів класичних програм, проте забезпечують кращу оптимізацію робочого процесу.

РОЗДІЛ 3 Особливості моделей, створених для різноманітних галузей

3.1 Головні складові тривимірної моделі

Створення тривимірної моделі представляє комплексне та трудомістке завдання. Кожна тривимірна модель складається з двох основних елементів: геометрії та текстур. Саме ці складові будують візуальний образ моделі. Такі процеси як ретопологія та UV розгортка слугують для підготовки моделі до переносу від програми для моделювання до застосунку для роботи з текстурними картами. Геометрія моделі створена поєднанням полігонів носить назву - полігональна сітка або топологія моделі. Існує два види загальноприйнятої топології:

- Топологія утворена чотирикутниками вважається стандартом при створенні моделей. Вона підходить моделям виготовленим для візуалізації, анімації, тривимірного друку та будь яких інших цілей. Інша назва даного типу топології це sub-division топологія де sub-division означає спосіб розбиття геометрії моделі на дрібніші полігони для створення більш гладкої та деталізованої поверхні. Зазвичай цей метод використовується для згладжування об'єктів з низькою кількістю полігонів, зберігаючи при цьому їхню основну форму. При використанні sub-division кожен чотирикутник розбивається на чотири нові. Sub-division є основним методом збільшення «полігонажу» моделі, він дозволяє досягти великої деталізації, але має тенденцію надзвичайно швидко збільшувати «полігонаж» моделі та працює лише з чотирикутною топологією.

- Топологія утворена полігонами з трьома вершинами підходить для меншого спектру завдань. Такий вид полігональної сітки значно ускладнює подальше редагування тривимірної моделі. Найчастіше модель конвертується у такий тип полігональної сітки, коли подальше редагування моделі не передбачається. Більшість алгоритмів для автоматичної ретопології перетворюють оригінальну сітку об'єкту на триангульовану. Перевагою такої топології є здатність до збереження більшої кількості деталей при зменшенні загальної кількості полігонів, що досягається завдяки концентрації полігонів в

місцях зі скупченням деталей. Даний вид полігональної сітки найчастіше використовується ігровим рушіями.

Текстура покликана доповнювати геометрію моделі. Саме за допомогою текстуровання модель набуває свого фінального вигляду. Зазвичай текстурні карти мають квадратний формат та розширення зображення, котре можна поділити на 8 без залишку, як то 512 на 512, 2048 на 2048, 4096 на 4096 пікселів. Використовувати розширення, які не слідують цьому принципу може призвести до невідповідної роботи програмних застосунків. Набір текстурних карт, котрі впливають на візуальний вигляд елемента моделі називають текстурним сетом. Зазвичай кожен відокремлений, в контексті програмного забезпечення, елемент моделі має власний незалежний текстурний сет, однак існує можливість розподілити єдиний елемент на декілька сетів, що значно збільшує якість фінальних текстур.

3.2 Особливості створення моделей для галузей індустрії розваг

Під час створення тривимірної моделі художник повинен визначити, які елементи будуть виконані за допомогою геометрії та деталі, що будуть додані на етапі створення текстури. Серед галузей індустрії розваг, котрі широко використовують тривимірну графіку, це питання вирішується неоднаково. Розглянемо особливості створення тривимірних моделей для різних завдань. Серед галузей, які використовують тривимірних персонажів можна визначити два головних напрямки: комп'ютерні ігри, як перший, та кінематограф та анімація, як другий.

Комп'ютерні ігри.

Створення тривимірної моделі для комп'ютерної гри обмежується двома факторами: візуальним стилем гри та необхідністю гри коректно працювати на великій кількості конфігурацій комп'ютерних систем. Комп'ютерні ігри характеризуються великою кількістю тривимірних об'єктів одночасно присутніх на екрані. Цей факт становить серйозні вимоги до оптимізації моделей. Для одночасного відображення десятків об'єктів у реальному часі кожен з цих

об'єктів повинен вимагати найменшу кількість ресурсів комп'ютера. Розглянемо особливості створення тривимірних персонажів двох типів:

- Низькополігональна модель (рис. А.21). «Полігонаж» таких моделей є надзвичайно низьким та варіюється від 200 полігонів до 7000 тисяч. Геометрія таких моделей повинна відображати лише головні форми. Деталізація відбувається виключно за допомогою текстур. Такі моделі вимагають особливої уваги при створенні розгортки. Моделі даного типу зустрічаються в проектах 1995-2015 років та проектах, котрі намагаються імітувати візуальний стиль цього періоду.
- Модель для високобюджетного проекту (рис. А.23). Створення моделі для сучасної гри 2015-2024 роки розпочинається з роботи над високополігональною моделлю. «Полігонаж» цього етапу може становити 200-500 мільйонів полігонів. Геометрія високополігональних моделей становить 80 відсотків деталізації присутньої на фінальній ігровій моделі. Ця деталізація включає пори та зморшки на шкірі, фактуру всіх матеріалів присутніх на моделі, виконання за допомогою геометрії усіх орнаментів та інших дрібних деталей. Після створення високополігональної моделі проводиться процес ретопології. «Полігонаж» моделі зменшується до відмітки в 100-200 тисяч полігонів. Виконується розгортка моделі зі зниженим «полігонажем». Після чого деталі з високополігональної моделі переносяться на текстуру, котра буде накладена на низькополігональну модель. Варто відзначити, що як і високополігональна модель так і низькополігональна версія використовують sub-division топологію. Такий спосіб створення моделей дозволяє отримати високу деталізацію на моделі з середнім «полігонажем».

В рамках даного методу текстури виконують основну роботу по деталізації моделі. Така модель може складатися з 4-5 текстурних сетів з середнім розширенням 2048 на 2048 пікселів.

Моделі для кінематографу та анімації.

Використання тривимірної графіки під час зйомки фільмів досягло небувалих масштабів. Комп'ютерне моделювання застосовується для найрізноманітніших цілей: від створення візуальних ефектів, локацій для зйомок, візуалізації фантастичних істот до створення комп'ютерних дублерів, які з неймовірною точністю копіюють зовнішність реального актора.

Головною особливістю комп'ютерної графіки, створеної для фільмів, є величезна кількість ресурсів, доступних художнику. Під час розробки графіки для кінематографу використовуються комп'ютерні системи, недоступні звичайному користувачеві. Моделі для кінематографу вирізняються неймовірною деталізацією. Як і у випадку з моделями для сучасних ігор, деталізація виконується за допомогою геометрії. Фактура матеріалів, текстура шкіри персонажа, усі нерівності поверхонь мають відобразитися на рівні геометрії. «Полігонаж» деяких моделей може досягати декількох мільярдів полігонів.

Якщо при створенні моделі для ігор така деталізація переноситься на текстуру, то у випадку кінематографічних моделей високий «полігонаж» не є перешкодою. Текстури таких моделей також вирізняються максимальною деталізацією [8]. Персонаж може містити більше сотні текстурних сетів із роздільною здатністю 4096×4096 пікселів. Усі моделі для кінематографу використовують виключно топологію sub-division.

Вимога комп'ютерної графіки для фільмів бути якомога реалістичнішою та правдоподібною призводить до необхідності моделювати безліч додаткових елементів. Під час розробки моделей істот художники створюють скелет істоти, її м'язи, жирові відкладення та шкіру, щоб отримати правдоподібні результати при анімації.

У ситуаціях, коли дизайн персонажа передбачає носіння одягу, разом із головним костюмом моделюються всі елементи одягу, які знаходяться під основним костюмом. У разі роботи з тканиною всі елементи підлягають симуляції, щоб досягти максимально реалістичних результатів.

Моделювання для тривимірного друку.

Як і у випадку з попередніми прикладами, моделювання для подальшого друку має певні нюанси. Варто відзначити, що для тривимірного друку топологія моделі не має значення. Однак важливим є «полігонаж»: занадто мала кількість полігонів спричинить артефакти під час друку. Для досягнення гладкої поверхні «полігонаж» моделі повинен становити близько мільйона полігонів.

Під час створення тривимірної моделі слід враховувати розмір фінального друку. Деталізація моделі повинна відповідати розмірам кінцевого виробу. У кожного виду тривимірного друку є власний ліміт деталізації. З цього виникає наступна особливість: для досягнення найкращого результату потрібен досвід роботи з тривимірними принтерами. Знання можливостей тривимірного друку дозволяє відповідним чином підготувати модель та рівень її деталізації вже на етапі створення.

У контексті тривимірного друку текстурні карти не мають жодного впливу на результат. Деталі та елементи, додані на етапі текстуровання, не впливають на модель під час друку. У випадку моделей для друку текстуровання використовується для представлення фінального вигляду статуетки та її можливої кольорової схеми. Текстури дозволяють швидко вносити зміни в кольорову схему статуетки.

Висновки до 3 розділу

З точки зору технічних складових усі тривимірні моделі складаються з двох компонентів: геометрії та текстур. Саме ці складові дозволяють користувачеві створювати візуальний образ моделі. Залежно від індустрії, для якої була створена модель, варіюється важливість цих елементів.

Низькополігональні моделі вирізняються малою кількістю геометрії. Їхньою основною візуальною складовою є текстури. Моделі, створені для сучасних високобюджетних комп'ютерних ігор, також покладаються на текстурні карти, як на основний спосіб деталізації. Однак основа текстурних карт

створюється за допомогою перенесення деталізації з високополігональної версії моделі на текстурні карти низькополігонального варіанту.

Моделі для кінематографу вирізняються надзвичайно високим «полігонажем» та великою кількістю текстурних сетів. Не рідкістю є моделі, створені з декількох сотень мільйонів полігонів та сотень текстурних сетів.

Деталізація моделей для тривимірного друку повністю покладається на геометрію, оскільки тривимірні принтери не здатні друкувати деталі, додані на етапі текстуровання.

РОЗДІЛ 4 Принципи використання комплексу графічних програм при створенні тривимірної моделі статуетки для 3D-друку

Перед тим як аналізувати принципи використання різноманітних програм та робочих алгоритмів, їх переваги та недоліки, варто визначити, яким критеріям повинна відповідати модель, створена в якості макету колекційної статуетки:

- Топологія моделі повинна складатися з чотирикутників, адже після завершення моделювання можуть знадобитися доопрацювання.
- «Полігонаж» фінальної моделі для візуалізації залежить від побажань автора та специфікацій його персонального комп'ютера. Натомість «полігонаж» моделі для друку не повинен перевищувати 1 мільйона полігонів на елемент.
- Кількість текстурних сетів залежить від побажань автора та специфікацій його персонального комп'ютера.

Ціль даного розділу - представлення процесу створення тривимірної моделі, опис основних алгоритмів у роботі над кожним із етапів, представлення низки програмних застосунків, придатних для реалізації кожного з етапів, опис їхніх переваг та недоліків, а також надання рекомендацій щодо пришвидшення робочого процесу.

4.1 Моделювання

Перший етап передбачає створення геометрії моделі [10]. Для роботи над моделюванням були обрані дві програми: Blender та Zbrush. Обидва застосунки пропонують повний функціонал, необхідний для створення комплексних моделей, зокрема інструменти для полігонального моделювання та цифрової скульптури. Однак інструментарій кожного із них має свої сильні сторони, які варто використовувати, та слабкі, яким варто шукати заміну.

Усі складові моделі можна віднести до однієї з двох категорій: органічні елементи (рис. В.1) та елементи «машинного походження» (рис. В.2). До органічних частин належать: тіло персонажа, сорочка, бриджі. До елементів

«машинного походження» належать: кулон на шиї, підзорна труба, жилетка, декоративні диски та зірки на тканинному паску, лямки на бриджах, взуття.

Такий поділ не є непорушним: елементи легко можуть потрапляти на границі названих категорій. Поділ був зроблений для того, щоб надалі, звертаючись до цих типів елементів, описувати, який підхід до моделювання тієї чи іншої деталі було обрано. Процес створення органічних елементів відбувається цілком методами цифрової скульптури. Натомість елементи «машинного виробництва» зручно починати моделювати класичними полігональними інструментами, з подальшим доопрацюванням у програмі цифрової ліпки.

Робота над органічними елементами.

Для роботи з органічними елементами моделі, як основну програму для цифрової скульптури, було обрано Zbrush [11]. Альтернативою може слугувати програма Blender.

Функціонал Zbrush зосереджений на цифровій скульптурі, що відображається у його інструментарії. Робочий процес базується на кількох ключових функціях:

- Dynamesh - функція, яка дозволяє за потреби перебудувати полігональну сітку та рівномірно розподіляти її по площі об'єкта без втрати деталізації. Blender пропонує аналог цієї функції під назвою Remesh.
- Другою найважливішою функцією Zbrush є алгоритм автоматичної ретопології Zremesher, який створює топологію об'єкта, побудовану з чотирикутників (sub-division). Така топологія є більш обмеженою в порівнянні з Dynamesh, адже значні зміни у формі об'єкта викликають розтягнення полігональної сітки, що перешкоджає комфортній ліпці у місцях розтягнень (рис. В.3). Zremesher, на відміну від Dynamesh, знищує деталізацію при перебудові та зберігає тільки великі форми.
- Третьою найчастіше використовуваною функцією є Project - вона дозволяє переносити деталізацію з моделей із топологією Dynamesh на моделі, отримані в результаті роботи Zremesher.

Найчастіше робочий процес у програмі побудований таким чином: основні форми елемента створюються за допомогою Dynamesh, оскільки вона дозволяє швидко та безпечно вносити великі зміни, не хвилюючись за полігональну сітку. Використання Dynamesh триває до моменту, коли виникає потреба у дрібній деталізації. Перед цим, за допомогою Zremesher, сітка об'єкта перебудовується під Sub-division, при цьому великі та середні форми об'єкта, виконані у Dynamesh, переносяться методами інструменту Project на нову топологію. Після цього проводиться фінальна деталізація елемента.

Співпраця Dynamesh, Zremesher та Project дозволяє якнайдовше працювати зі зручною геометрією Dynamesh, яка залишає простір для креативу та помилок, і переходити на більш обмежену топологію Sub-division тільки на етапі фінальної деталізації. Увесь інструментарій Zbrush працює у взаємодії та доповнює функції Dynamesh і Zremesher.

Робота у Blender має схожий перебіг, однак у програмі відсутній інструментарій для автоматичної ретопології та функція-аналог Project, тому робота у Blender вимагатиме виконання ручної ретопології. Ретопологію варто проводити після визначення загального силуету об'єкта та перед початком роботи над середніми формами. Ручна ретопологія потребує значно більше часу, однак, якщо вона виконана правильно, якість результату значно перевищить будь-які автоматичні аналоги.

Робота над елементами «машинного походження».

Моделювання елементів «машинного походження», як правило, розпочинається з використання інструментарію полігонального моделювання, що дозволяє створювати чіткі геометричні форми, які слугують основою для подальшої роботи. Таким підходом були створені основи для металевих елементів на паску, капелюха, жилета, стрічок на бриджах і плечах, а також взуття. Хоча деякі з названих деталей мають пливучу органічну форму, в їхній основі лежать прості геометричні форми.

Розмову про полігональне моделювання варто розпочати з Blender. Як представник програм із класичним підходом до моделювання, він у своїй суті

дуже схожий на інших представників цього типу програм. Робочий процес базується на використанні базових інструментів полігонального моделювання, які дозволяють змінювати полігональну сітку, та модифікаторів, які виступають як окремий набір інструментів, що впливає на весь об'єкт.

Класичні програми для роботи з графікою забезпечують високу ступінь контролю над полігональною сіткою, дозволяючи змінювати кожен полігон та його складові незалежно. Це підходить для створення складних геометричних форм.

Zbrush також пропонує інструменти для полігонального моделювання, однак фокус програми на цифровій ліпці завадив повній імплементації класичного інструментарію. Zbrush все ще має інструменти полігонального моделювання, такі як можливість розрізати модель чи видавлювати окремі полігони. Проте доступ до них здійснюється через спеціально розроблений пензель.

Обмеження Zbrush ускладнюють таку базову можливість, як вибір конкретного полігону для взаємодії лише з ним. Натомість вибір зони для полігонального моделювання відбувається за допомогою інших інструментів програми, зокрема масок і функції Polygroup. Такі обмеження знижують контроль користувача над процесом моделювання, що розробники програми намагалися компенсувати прив'язкою коректної роботи інструментів моделювання до виду та структури полігональної сітки об'єкта.

Якщо сітка проєктованого об'єкта містить багатокутники або трикутники, інструменти полігонального моделювання можуть поводитися непередбачувано. Це, у поєднанні з ускладненою взаємодією із поодинокими полігонами, може значно ускладнити редагування певних об'єктів.

Приклади створення елементів.

Розглянемо процес моделювання декількох елементів. Почнемо з відносно простого об'єкта, а саме одного з великих дисків, присутніх на паску (рис. В.4). З точки зору дизайну, пасок базується на елементі грецького народного костюму

та зображає різноманітні сузір'я. Основна форма елемента - це випуклий диск (рис. В.5). Така проста геометрична фігура моделюється за допомогою будь-якої програми полігонального моделювання.

Візерунок ускладнює дископодібну форму. Він складається з поєднаних напівсфер, які разом утворюють сузір'я. Створювати візерунок полігональними методами було б невиправдано складно та затратно по часу. Для створення напівсфер необхідно було б звертатися до boolean-операцій, після чого виправляти пошкоджену полігональну сітку. Такий підхід є малоефективним і вимагає багато клопіткої ручної роботи.

Натомість, після створення основного диска полігональним моделюванням, варто скористатися цифровою ліпкою, зокрема можливістю застосовувати alpha map до пензликів. Alpha maps - це чорно-білі зображення, які відображають тривимірну геометрію. Інструменти Zbrush та Blender дозволяють застосувати їх до пензлика, що дає змогу деформувати геометрію відповідно до відображеної на карті форми. Як Zbrush, так і Blender дозволяють створювати альфа-карти на основі тривимірної геометрії.

Потрібно створити карту напівсфери (рис. В.5) і розташувати її у формі сузір'я на заздалегідь створеній основі. Поєднання напівсфер можна виконати будь-яким пензликом на вибір користувача. Після чого - згладити місця стику напівсфери та ефекти пензлика. Для чистого результату та рівномірного переходу між формами диска й напівсфер такий спосіб потребує великої кількості геометрії. У випадку цього елемента на кожен диск знадобилося 1 200 000 полігонів. Описану послідовність дій можна виконати інструментарієм обох програм.

Розглянемо створення жилета (рис. В.6) [12]. Ця частина моделі вимагатиме іншого підходу. Форма жилету поєднує плавні лінії на комірці та різкі геометричні елементи - розшивку по всій довжині горловини рукавів.

Розробка цієї частини моделі розпочалася із дослідження різноманітних форм методами цифрової скульптури. Було розглянуто декілька варіацій коміра та кілька типів рукавів, їхнього фасону та довжини (рис. В.7). При розробці

дизайну увага приділялася загальному силуету й великим формам. Для виконання цього етапу роботи однаково ефективно підходять обидві програми. Dynamesh та Remesh дозволяють швидко перебирати варіанти форм, не зважаючи на топологію.

Наступним етапом є робота над фінальною топологією. Форма жилета значно складніша, ніж у попередньому прикладі. У випадку з Blender створення нової топології лягає на плечі художника. Фінальна полігональна сітка будується вручну інструментами ретопології, запропонованими програмою. Художник повинен самостійно враховувати й розуміти, яка структура сітки буде найкращою для подальшої роботи. Варто розмістити чотири полігональних кільця на краях рукавів як основу для майбутньої прошивки (рис. В.8).

Під час роботи в Zbrush скористаємося інструментом Zremesher. Для кращого результату модель варто поділити на частини, використовуючи інструмент Polygroup. Потрібно виокремити рукави, комір і визначити полігрупи, які відповідатимуть прошивці на рукавах (рис. В.9). Полігрупи вкажуть алгоритму Zremesher, де потрібно прокладати полігональні кільця. Після цього можна виконувати процес автоматичної ретопології.

Після створення фінальної топології потрібно додати товщину моделі та створити прошивку на рукавах. Під час моделювання прошивки, незважаючи на коректну топологію й логічний поділ на полігрупи, під час проведення операції Extrude напівавтоматичний принцип полігонального моделювання не дав очікуваного результату (рис. В.10). Це відома проблема полігонального моделювання в Zbrush. Інструменти полігонального моделювання можуть працювати некоректно з геометрією, отриманою в результаті автоматичної ретопології. В даній ситуації є два варіанти як можна продовжувати роботу:

- Провести Zremesher з іншими налаштуваннями, щоб отримати новий розподіл полігонів і повторити операцію видавлювання, однак це може призвести до помилок на інших частинах моделі, адже ретопологія проводиться автоматично, і ми контролюємо її перебіг лише частково.

- Другим підходом буде експорт жилета до програми з класичним інструментарієм для полігонального моделювання, у контексті даної роботи це Blender, та продовження роботи в більш контрольованому середовищі. Таким чином, ми використаємо результат роботи Zremesher як основу для фінальної топології. Інструментарій Blender дозволить відредагувати будь-які помилки в полігональній сітці, спричинені автоматичною природою Zremesher. Після цього модель знову буде відправлена до Zbrush, і моделювання буде продовжено інструментарієм для скульптури.

Робота виключно в Blender дозволить отримати найчистішу топологію та найменший «полігонаж» моделі, однак буде дуже затратною по часу. Використання виключно Zbrush пропонує значно швидші методи моделювання, однак позбавляє контролю над деякими етапами роботи. Поєднання двох програм, на думку автора, дасть найкращий результат - компроміс між швидкістю та якістю. Використання Zbrush, як основної програми, дозволить зняти проблему великого «полігонажу» моделі й застосовувати достатньо розвинений інструментарій для ліпки, а класичний підхід Blender дасть змогу компенсувати слабкі сторони Zbrush та забезпечить більше контролю над аспектами полігонального моделювання.

4.2 Ретопологія

Метою ретопології є зменшення «полігонажу» моделі та пристосування її топології до цілей, для яких модель була створена. Можна виділити два типи топології, які розпізнаються програмами, що працюють із полігональною сіткою:

- Полігональна сітка, яка складається з полігонів, створених чотирма вершинами. Така топологія вважається універсальною - вона підходить для всіх можливих цілей: моделювання, симуляції, анімації тощо. Blender пропонує інструментарій для ручної ретопології. Хоча він і повністю функціональний, його ергономіка залишає бажати кращого. Як

уже згадувалося раніше, такий спосіб ретопології вимагає багато часу. Zbrush має алгоритм автоматичної ретопології Zremesher, який перебудовує сітку у вигляді чотирикутників і намагається зберегти основні форми об'єкта. Цей алгоритм достатньо добре пристосований до ретопології органічних форм. Він дозволяє вказати, яку кількість полігонів повинна мати нова сітка. Число в налаштуваннях означає тисячі полігонів. На низьких значеннях, таких як 100–400 полігонів, алгоритм може працювати некоректно.

- Полігональна сітка, утворена полігонами з трьома вершинами. Така топологія також розпізнається всіма сучасними програмами, однак підходить лише для візуалізації, оскільки вона складна в редагуванні та не відповідає вимогам, необхідним для створення складних анімацій. Як Blender, так і Zbrush пропонують інструментарій для автоматизації ретопології.

У контексті Blender цю задачу виконує модифікатор Decimate. У контексті Zbrush - плагін Decimation Master. Обидва інструменти працюють автоматично і пропонують простий набір налаштувань. Користувач може визначити, скільки відсотків від початкового «полігонажу» моделі повинно залишитися після завершення ретопології. Обидва інструменти намагаються зберегти деталізацію, однак слід зазначити, що інструмент Zbrush пропонує значно кращі результати.

Приймаючи рішення, який тип нової топології використовувати, варто зважати на те, що модель створюється для друку. Після проведення тестового друку можуть знадобитися зміни в дизайні моделі. З огляду на це варто робити ретопологію до сітки з чотирикутників. Модель не підлягатиме анімації, отже, ідеально рівномірне розміщення полігонів не потрібне.

Зважаючи на вищеописані фактори, було прийнято рішення, що топологія, створена алгоритмом Zremesher, відповідає вимогам. Уся модель зі зменшеним «полігонажем» була створена за допомогою Zremesher із двома винятками:

- Ретопологія книги була виконана вручну, оскільки Zremesher не міг коректно втримати загальну форму об'єкта при низьких налаштуваннях.

- Ретопологія елементів паска виконувалася за допомогою плагіна Decimation Master. Через складність форми об'єкта Zremesher мав труднощі зі збереженням основних форм паска.

Після проведення процесу ретопології полігонаж моделі зменшився з 77 мільйонів (рис. В.11) до 1,9 мільйона (рис. В.12). Модель після ретопології у жодному разі не можна назвати низькополігональною, однак, оскільки ціллію є візуалізація єдиної моделі, така кількість полігонів вважається допустимою.

4.3 UV-розгортка

Процес створення розгортки у своїй суті є досить прямолінійним. Користувач визначає шов, алгоритм розгортки розрізає модель відповідно зі швом і розгортає її на площині. Розвиток інструментарію дозволяє створити якісну розгортку об'єкта за декілька хвилин. До головних викликів, які постають під час створення розгортки, можна віднести:

- Зменшення текстурних розтягнень. При спробі програми актуально відобразити тривимірний об'єкт на площині певні частини цього об'єкта піддаються розтягненню та сплюсненню, що впливає на коректне відображення текстурних карт. Ця проблема вирішується новітніми алгоритмами розгортки, які демонструють менший відсоток розтягнень, та новими методами накладання текстур, як-от Triplanar Projection.
- Опрацювання текстурних швів. Для проведення розгортки модель потрібно розрізати. При накладанні текстур місце розрізу виділяється через розходження текстурних карт. Розповсюдженою практикою є розміщення швів у місцях, недосяжних для погляду глядача. До того ж використання вищезгаданого Triplanar projection допомагає замаскувати текстурні шви.
- Оптимізація простору на текстурному сеті. Після розгортки модель займатиме певний простір на текстурі. Оскільки текстура - це зображення, то чим більше місця займатиме розгорнутий об'єкт на текстурі, тим якіснішою буде фінальна текстура. Складність полягає у знаходженні

золотої середини між тим, щоб розгортка займала якнайбільше місця на текстурі, при цьому маючи найменші розтягнення.

Blender та Zbrush пропонують інструментарій для роботи над розгорткою. Однак обидві програми демонструють посередні результати.

Blender пропонує класичний інструментарій для розгортки, схожий за своєю структурою на такі програми, як Autodesk Maya та Autodesk 3Ds Max. Інструментарій Blender не пропонує жодних функцій, які б значно пришвидшили робочий процес, та характеризується відсутністю ергономічності. Водночас із технічної точки зору він підходить для роботи над комплексними моделями. До недавнього часу програма використовувала застарілий алгоритм, однак остання версія на момент написання роботи отримала оновлення алгоритму розгортки, який у всіх аспектах перевершує попередника та демонструє менші розтягнення.

Zbrush пропонує інструментарій для роботи з розгорткою у вигляді плагіна Unwrap Master. Через особливості внутрішнього налаштування програма не має інструменту для визначення текстурних швів. Натомість шви визначаються на основі інструменту Polygroup: кожна полігрупа об'єкта буде перетворена на окремий текстурний острів. Такий підхід ускладнює точне призначення швів. Інструментарію програми бракує багатьох важливих функцій, як-от можливості запакувати вже створені текстурні острови.

Функціонал Zbrush не пристосований для створення повноцінної розгортки, однак добре підходить для створення швидких розгорток у випадках, коли швидкість значно важливіша за якість.

Як третю програму для створення UV-розгорток варто згадати Rizom UV - це однозадачний застосунок, який характеризується швидкою роботою та чудовим інструментарієм для зменшення текстурних розтягнень. Саме цей застосунок був використаний автором для створення розгорток розробленої моделі.

Створення розгортки комплексної моделі може зайняти багато часу, тому хорошою практикою є завчасна розгортка елементів, які дублюються. У випадку

моделі, представленої в роботі, це два види дисків на паску. Після моделювання основи виконується її розгортка, лише після чого продовжується деталізація об'єкта, у цьому випадку - створення сузір'я. Повністю готовий диск дублюється та розміщується на паску. Таким чином економиться час на створення розгортки чотирьох інших дисків, адже разом із дублюванням об'єкта копіюється і його розгортка.

Робота над розгорткою може значно ускладнитися, якщо вимоги до текстури надто суворі. Наприклад, вся модель повинна займати лише одну текстуру. У такій ситуації потрібно укласти декілька об'єктів в одну текстуру, при цьому використовуючи якомога менше місця. Оскільки у роботі візуалізується одна модель, стало можливим присвятити цьому всі ресурси персонального комп'ютера та дозволити використовувати декілька текстур для нашої моделі (рис. В.13).

4.4 Текстурування

Створення текстур є другим найважливішим етапом після моделювання. Текстури доповнюють візуальний образ і доводять його до завершення.

У контексті роботи з текстурами розглядатимуться дві програми: Substance Painter [4] та Marmoset Toolbag 4 [1]. Обидві програми пропонують дуже схожий інструментарій із певними відмінностями, які проявляються в окремих інструментах та функціях.

Робочий процес в обох програмах базується на системі шарів, дуже схожій на ту, що присутня у всіх графічних редакторах. Нашарування шарів формує матеріал. Програми дозволяють незалежно редагувати кожну текстурну карту, яка входить до складу матеріалу. Кожна із різноманітних карт має свій вплив на фінальний результат.

Кarti можуть впливати на створюваний матеріал двома методами: прямо та опосередковано. Кarti прямого впливу змінюють відображення матеріалу одразу після їх призначення. Кarti непрямого впливу виконують допоміжну роль при використанні таких функцій, як Smart Mask, Adjustment Layer та інших.

До найважливіших і найчастіше вживаних карт відносяться Diffuse, Metallic, Roughness, Normal, Height, Displacement, Alpha. Решта карт використовуються за потреби (рис. Б.2). Поєднання різноманітних карт визначає зовнішній вигляд матеріалу. Відмінності в налаштуваннях цих карт відрізняють один матеріал від іншого.

Як вже було згадано, програми пропонують майже ідентичний функціонал із певними відмінностями, однією з яких є їхні вбудовані рушії рендерингу. Щоб висвітлити суттєвість відмінностей, потрібно звернутися до уніфікації рендерингу через Physically based rendering (PBR). До 2013 року кожен рушій рендеру мав унікальні вимоги до створення матеріалів. Для одержання візуально ідентичного матеріалу у двох рушіях потрібно було використовувати два набори зовсім не схожих карт.

У 2013 році був запроваджений Physically based rendering, призначений стандартизувати процес відтворення текстурних карт [15,16]. Хоча тепер усі рушії рендеру, які працюють з використанням PBR, відображають матеріали майже однаково, вони все ще не досягли повної ідентичності. З цього виникає потреба, після завершення роботи над текстурами та їх перенесення до обраного рушія рендерингу, проводити ручну корекцію матеріалів. Це, залежно від складності матеріалу, може зайняти досить довгий час.

Головною відмінністю двох програм є їхні рушії рендерингу. Рендер, яким укомплектований Substance Painter, має утилітарний характер. Через обмеженість налаштувань як самого рендеру, так і камери, він підходить лише для тестової візуалізації створених матеріалів. Натомість Marmoset Toolbag має у своєму розпорядженні повноцінний, чудово оптимізований рушій рендерингу, який працює як у реальному часі, так і з використанням фізично коректного розрахунку світла.

Використання Substance Painter вимагатиме додаткового налаштування матеріалів у фінальному рендері, тоді як робота в Marmoset Toolbag не вимагає перенесення текстур до іншої програми для отримання фінального зображення.

Розглянемо процес створення візерунку на нижній частині рукавів. За задумом автора, візерунок повинен неперервно огортати нижню частину рукава. Головною складністю в створенні такого елемента є робота навколо текстурного шва на рукаві (рис. В.14).

Розпочати роботу варто зі створення основи для візерунку. Обидві програми дають можливість малювати на моделі, чим і варто скористатися. Ескіз необхідно виконувати в режимі маски, оскільки він у подальшому стане основою візерунку. Такий підхід надасть ефективну базу, піддатливу до всіляких змін та експериментів. Після завершення ескізу візерунку його варто зберегти в окремий файл (рис. В.15). Збережений чорновий візерунок вимагає доопрацювання, що можна зробити в будь-якому редакторі зображень (рис. В.16). Після завершення доопрацювання можна приступити до розміщення візерунку на моделі.

У випадку Substance Painter розміщення візерунку може бути виконане за допомогою методу накладання текстур *warp projection*, який дозволяє огорнути зображення навколо тривимірного об'єкта. Візерунок розташовується на одній стороні рукава та за допомогою налаштування *projection depth* - зображення проектується на іншу сторону рукава. При проекції, *warp projection* самостійно маскує текстурні шви (рис. В.17).

Marmoset Toolbag має у своєму розпорядженні простіші інструменти. Для досягнення подібного результату варто розпочати з розміщення візерунку на двох сторонах рукава, намагаючись витримати однакове розташування та розмір візерунків. Після цього потрібно самостійно за допомогою пензлика опрацювати зону текстурного шва (рис. В.18, В.19).

Далі, маючи маску, яка відповідає візерунку, можна продовжувати роботу над його внутрішнім наповненням. Наприклад, додати фактуру тканини, відмінну від загального матеріалу жилету, щоб підкреслити, що візерунок виконаний іншим матеріалом. Маска дозволить вільно контролювати та редагувати всі аспекти цього елемента.

Представлений приклад показав відмінність у розвитку інструментарію між програмою, перш за все, розробленою для роботи з текстурами (Substance

Painter), та програмою, яка додала інструментарій для роботи з текстурними картами на пізніших етапах розвитку (Marmoset Toolbag). Обидві програми дозволяють досягати схожого результату, проте функціонал Substance Painter вирішує завдання, які Marmoset Toolbag втілити не може. Робота в Marmoset Toolbag вимагатиме більше ручної роботи, і чим складнішим буде поставлене завдання, тим більше проявлятиметься різниця між двома застосунками.

4.5 Візуалізація

На ринку тривимірної графіки присутні десятки рушіїв рендерингу. Розвиток технологій рендерингу призвів до зростання якості візуалізації. Усі сучасні рушії здатні показувати гарні результати. Відмінності між ними зводяться до рівня свободи, яка доступна користувачеві під час налаштування процесу візуалізації. V-Ray можна назвати одним із найбільш комплексних рушіїв як у можливостях, пов'язаних із налаштуванням матеріалів, так і в доступі рушія до ресурсів персонального комп'ютера. Хоча такі рендери все ще працюють із використанням Physically base rendering, обширні можливості налаштування дозволяють маніпулювати відображенням матеріалів у найбільш креативні способи.

Рушії рендерингу, запропоновані для візуалізації моделі, значно простіші в налаштуванні. Першим варто обговорити рушій рендерингу Cycles, який постачається в комплекті з Blender. Його головною характеристикою є спрощене налаштування процесу рендерингу. Такий важливий аспект, як *sampling size*, налаштовується автоматично, що значно зменшує час, потрібний для рендерингу зображення. Користувачеві залишається вибрати бажану роздільну здатність і визначити *Sample Count*, який впливатиме на загальну якість фінального зображення. Після цього можна розпочинати процес візуалізації.

Наступним рушієм, вартим уваги, є вже згаданий раніше Marmoset Toolbag 4. Як і Cycles, він пропонує спрощену схему налаштування. Рушій може працювати у двох режимах: растеризація та трасування шляху. Головною

перевагою програми є вбудований інструментарій для роботи з текстурами, що дозволяє одразу працювати над фінальним зображенням.

Зображення, отримані під час рендерингу, часто характеризуються недостатньою контрастністю та насиченістю. Ці показники можна відредагувати у будь-якому графічному редакторі. Обробка фінального матеріалу, чи то зображення, чи відеофайлу, є стандартною практикою серед художників, які працюють у сфері тривимірної графіки.

4.6 Підготовка моделі до тривимірного друку

Процес тривимірного друку дозволяє переносити моделі, створені методами тривимірного моделювання, у реальний світ. На ринку тривимірних принтерів присутні два види пристроїв: FDM та resin-принтери. Головною відмінністю між цими типами є матеріал, необхідний для друку.

FDM-принтери використовують FDM-пластик, який зазвичай має форму тонкої нитки й продається у вигляді котушок. Натомість resin-принтери друкують із використанням рідких смол. Смоляні принтери пропонують більшу точність та деталізацію за подібних часових витрат.

У зв'язку з обмеженим доступом до тривимірного принтера для пробного друку було обрано частину тривимірної моделі, що містить набір елементів, складних для друку (рис В.20). Таким чином, інспекція якості друку цих елементів може вказати на необхідність внесення змін до частин моделі з подібними характеристиками. До елементів, які можуть викликати проблеми при друці, належать:

- Брошка на капелюсі - через малі розміри деталь може виявитися занадто маленькою для друку.
- Тканинна обмотка на капелюсі - наявність великої кількості незаповненого простору може спричинити помилки при перетворенні моделі у формат ".stl".
- Обід капелюха - деталь може виявитися занадто тонкою для друку.

- Спіральні запонки на горловині - через малі розміри деталь може бути занадто складною для друку.

Підготовка моделі до тривимірного друку складається з двох етапів: заповнення геометрією пустот у моделі (рис В.21). Об'єднання всіх елементів моделі в єдиний монолітний об'єкт [13].

Перевірка моделі на пустоти у Blender та ZBrush здійснюється за однаковим принципом. Необхідно використати об'єкт достатньо великий, щоб перетинати всю модель по горизонталі. Цей об'єкт виконуватиме роль «сканера». У режимі операцій «boolean» можна відняти цей об'єкт від моделі, що дозволить у реальному часі спостерігати та редагувати горизонтальний зріз моделі.

Перевіряючи зріз, потрібно закрити всі внутрішні пустоти моделі. Після чого за допомогою функцій «remesh» у Blender або «remesh by union» у ZBrush слід об'єднати модель у монолітний об'єкт. Завершальним етапом є збереження моделі у форматі ".stl".

Тестовий друк було проведено на двох принтерах. Налаштування принтерів виконували треті особи, тому порівняння двох друків не можна вважати повноцінним. Перший друк зайняв 5 годин із використанням пластику для точного друку (рис. В.22). При огляді результату було помічено прогалини в обідку капелюха (рис. В.23). Такі деталі, як брошка та запонки, були надруковані погано або не надрукувалися взагалі. Також помітний шов на обідку капелюха. Другий друк зайняв 8 годин із використанням більш витривалого пластику (рис. В.24). Друк дрібних деталей не відрізнявся від першого, однак обід капелюха надрукувався цілісно.

Беручи до уваги результати тестового друку, можна зробити висновок, що наступні елементи моделі потребують потовщення: жилет, стрічки на жилеті та бриджах, а також задня частина паска. Для уникнення прогалин варто виконувати друк на низькій швидкості.

Висновки до 4 розділу

Розділ висвітлює процес створення тривимірної моделі. Кожен етап роботи розглянуто з точки зору програмного забезпечення, придатного для виконання завдань, представлених на цьому етапі. Для кожного етапу подано кілька програм, надано базову інформацію про принципи роботи з ними, наведено приклади ефективних алгоритмів роботи, а також визначено сильні та слабкі сторони кожного застосунку. Ось перелік основних тез, які можна виділити з розділу:

- Перед початком моделювання певного елемента варто проаналізувати підхід до роботи над деталлю. Якщо елемент потребує візуального пошуку, логічно розпочати роботу методами цифрової скульптури, а після уточнення загального дизайну перейти до роботи над фінальною полігональною сіткою. Коли елемент має чітку геометричну основу, початок роботи методами полігонального моделювання, з наступним доопрацюванням шляхом ліпки, буде найбільш результативним.
- У випадку моделей, призначених для візуалізації та друку, автоматична ретопологія дозволяє значно зменшити витрати часу. Ручну ретопологію слід застосовувати лише у випадках крайньої необхідності.
- Створення розгортки для моделей, підготовлених для друку, є доволі прямолінійним процесом, що значною мірою покладається на інструменти та алгоритми програми.
- Текстуровання моделі для друку виконується насамперед для репрезентації кольорової схеми колекційної статуетки. Текстури дозволяють візуалізувати остаточний образ персонажа. Залежно від програмного забезпечення, виконання певних текстурних елементів може бути ускладненим і вимагати креативного використання наявних інструментів.
- Сучасний розвиток рушіїв рендерингу створив величезний вибір потужних візуалізаторів, здатних забезпечити всі види візуальної айдентики. Їхньою

головною відмінністю є ступінь контролю над процесом візуалізації, який пропонується користувачеві.

Розділ завершується описом принципів підготовки моделі до друку на тривимірному принтері. Після аналізу тестових видруків були запропоновані варіанти покращення якості майбутніх видруків.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Тривимірна графіка пройшла шлях від технології, доступної науковцям та інженерам, до технології, присутньої в багатьох галузях розважальної індустрії. Програми цифрової скульптури дали змогу значно розширити аудиторію, зацікавлену в цій технології.

Створення тривимірної моделі є складним та ресурсозатратним процесом. Ринок програмного забезпечення наповнений різноманітним, на перший погляд, схожих застосунків. Виконання моделі потребує певного багажу теоретичних та практичних знань. Теорія включає низку базових термінів, притаманних кожному етапу створення моделі, а також розуміння поетапності цього процесу. Практичні знання полягають в умінні підібрати правильний підхід для створення кожного елемента моделі. Розумне використання комбінації інструментів різних застосунків дає змогу оптимізувати моделювання того чи іншого елемента та уникнути багатьох можливих ускладнень.

Створення всіх тривимірних моделей підпорядковується однаковим етапам. Визначення мети тривимірного застосування моделі може сприяти значній економії часу. Процес створення моделей для тривимірного друку характеризується можливістю приділити менше уваги певним етапам. У своїй більшості такі моделі не вимагають ручної ретопології. Роздільна здатність та кількість текстурних сетів залежать від побажань автора та можливостей його персонального комп'ютера. Лише ці два приклади дозволяють значно зекономити час на оптимізацію моделі.

Хоча представлені у роботі моделі дозволяють зменшити час моделювання, вони вимагають певного коректування перед процесом тривимірного друку. У разі помилок та артефактів під час друку може знадобитися доопрацювання ряду елементів моделі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Marmoset.

URL: https://marmoset.co/?gad_source=1&gclid=Cj0KCQiAo5u6BhDJARIsAAVoDWu5ctEhMpxP7LiUpKjmtQVg3NMUvNf0BUt-LQ4OIItwinQGqSVWyoAaAmTTEALw_wcB (дата звернення: 29.11.2024)

2. Hinamatsuri: Japan's Girls' Day Explained.

URL: https://sakura.co/blog/hinamatsuri-japan-girls-day-explained?srsId=AfmBOoo9zUAScrGk6PKnR4VHykZl1zmsx_Q6Pr0ae6zNxO7WUxСepXUx (дата звернення: 29.11.2024)

3. The models resource

URL: <https://www.models-resource.com/wii/zeldaskywordsword/model/4453/> (дата звернення: 29.11.2024)

4. Substance 3D Painter.

URL: <https://helpx.adobe.com/substance-3d-painter/features/uv-tiles.html> (дата звернення: 29.11.2024)

5. Autodesk Mudbox 2014.

URL: https://download.autodesk.com/global/docs/mudbox2014/en_us/index.html?url=files/GUID-6C8084A5-7E8D-4A64-8720-6E9054CA55F8.htm,topicNumber=d30e2805 (дата звернення: 29.11.2024)

6. Колекційні фігурки як хобі: історія, види, підводне каміння.

URL: <http://argprint.com.ua/koleksijni-figurki-yak-hobi-istoriya-vidi-pidvodne-kaminnya.html> (дата звернення: 29.11.2024)

7. Explorind the fascinating history of designer toys.

URL: <https://medium.com/@ArToys/exploring-the-fascinating-history-of-designer-toys-a5271b639bf5> (дата звернення: 29.11.2024)

8. The Key to INSANELY DETAILED TEXTURES | Pixel Peeping Tom Newbury.

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=UVygOIoSfug> (дата звернення: 29.11.2024)

9. The Incredibly Realistic Art of Ian Spriggs | Pixel Peeping.

URL: https://www.youtube.com/watch?v=rX_R9PQmI38 (дата звернення: 29.11.2024)

10. HASBRO: CREATING MANDALORIAN STAR WARS TOYS - Paul Bennett & Tom Rego - ZBrush Summit 2020.

URL: https://www.youtube.com/watch?v=36eZsXjEke4&list=PLMjnnUF3eJFdqIt3HdqSIDJ4J-R3zX_P2 (дата звернення: 29.11.2024)

11. SCULPTING FOR TOYS: JAKKS PACIFIC - Eleazar Carmeli - ZBrush Summit 2020.

URL: https://www.youtube.com/watch?v=KqanyTLptLc&list=PLMjnnUF3eJFdqIt3HdqSIDJ4J-R3zX_P2&index=6 (дата звернення: 29.11.2024)

12. Learn How To Craft Intricate Clothing & Historic Chainmail In 3D.

URL: <https://80.lv/articles/learn-how-to-craft-intricate-clothing-historic-chainmail-in-3d/> (дата звернення: 29.11.2024)

13. Подготовка модели к печати, 3D печать, Zbrush resin printing.

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=ubIwqLcpdk0> (дата звернення: 29.11.2024)

14. Exploring the Fascinating History of Art Toys: From Playthings to Collectibles.

URL: <https://hihommi.com/blogs/news/exploring-the-fascinating-history-of-art-toys-from-playthings-to-collectibles?srsltid=AfmBOoqoX8kPLfp2QcQ56FB52eJi1IWYR3g035IkLvNEsxa9mnKEtxt8> (дата звернення: 29.11.2024)

15. Everything you need to know about physically based rendering.

URL: <https://www.adobe.com/products/substance3d/discover/pbr.html> (дата звернення: 29.11.2024)

16. What Is PBR (Physically Based Rendering)? A complete guide.

URL: <https://www.chaos.com/blog/what-is-pbr-physically-based-rendering-a-complete-guide?srsltid=AfmBOoqUeySKxXHAG5T4cEWpMUFVmTDx-NZ0qeAMdzXCGHxv16fitCPt> (дата звернення: 29.11.2024)

17. Biased and Unbiased Rendering Engines.

URL: <https://www.perceptionbh.com/post/biased-and-unbiased-rendering-engines> (дата звернення: 29.11.2024)

18. Biased и Unbiased рендеры.

URL: <https://avdeevk.ru/index.php/2014/04/24/biased-i-unbiased-renders/>

19. Biased and Unbiased Rendering algorithms.

URL: <https://irendering.net/biased-and-unbiased-rendering-algorithms-which-is-better/> (дата звернення: 29.11.2024)

20. Ray Tracing.

URL: <https://developer.nvidia.com/discover/ray-tracing> (дата звернення: 29.11.2024)

21. Rasterization.

URL: <https://cloudinary.com/glossary/rasterization> (дата звернення: 29.11.2024)

22. Rasterization in Graphics.

URL: <https://startup-house.com/glossary/what-is-rasterization-in-graphics> (дата звернення: 29.11.2024)

23. Procedural generation: Creating infinite algorithmic realities.

URL: <https://www.autodesk.com/solutions/procedural-generation> (дата звернення: 29.11.2024)

ДОДАТКИ

Додаток А Ілюстрації

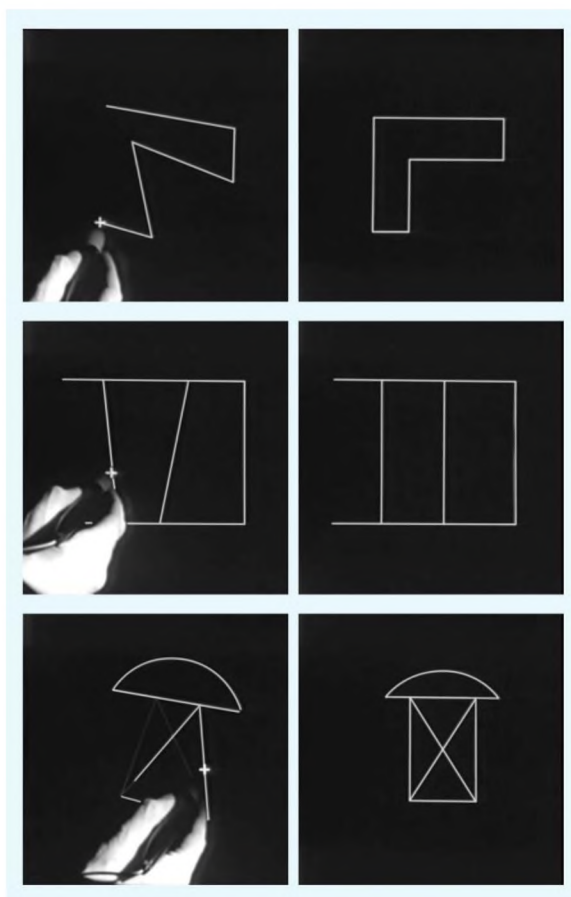


Рис. А.1. Перша тривимірна програма

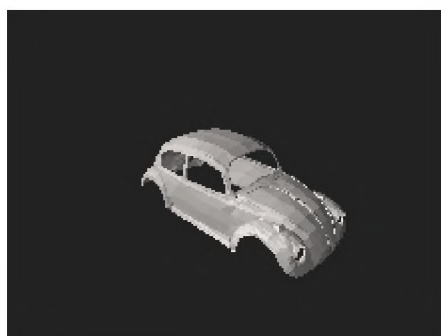


Рис. А. 2. Перша тривимірна модель



Рис. А. 3. Autodesk Mudbox

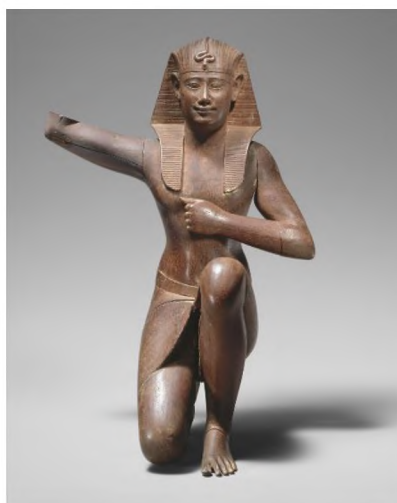


Рис. А. 4. Погребална статуетка. Египет



Рис. А. 5. Японська театральна лялька



Рис. А. 6. Игрушка. Космонавт NASA



Рис. А. 7. Art Toys



Рис. А. 8. Приклад Trading figure.



Рис. А. 9. Фігурка до 10 см.



Рис. А. 10. Фігурка від 15см.



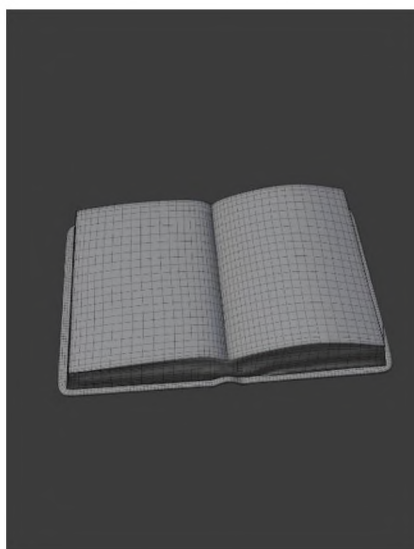
Рис. А. 11. Статична фігурка.



Рис. А. 12. Екшен фігурка.



Рис. А. 13. Фігурка гараж кіт.



А.14. Приклад полігональної моделі.

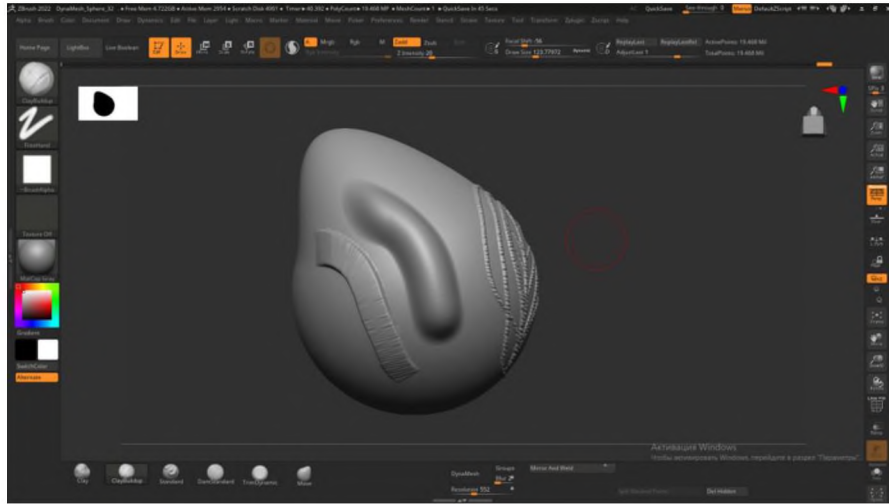
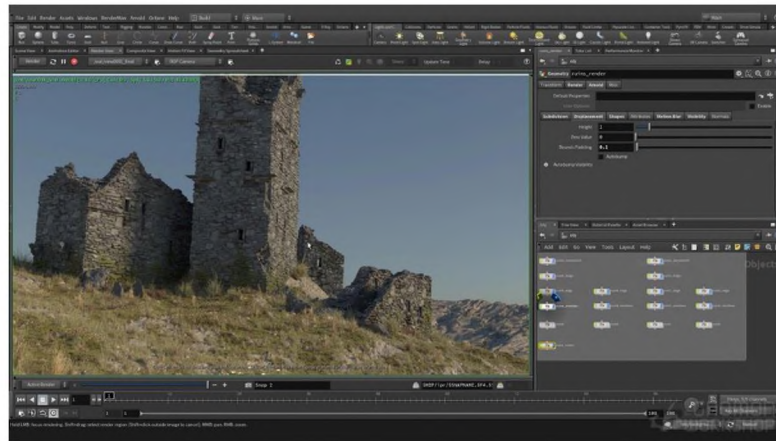
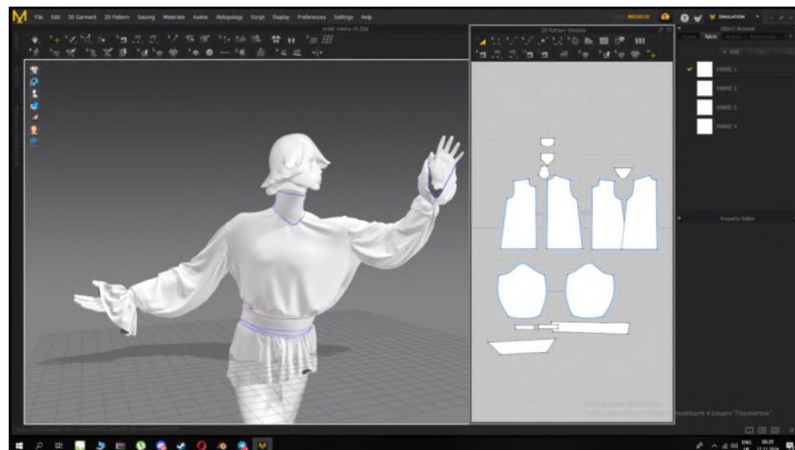


Рис. А. 15. Пензлики в програмі для цифрової скульптури.



A.16



A.17

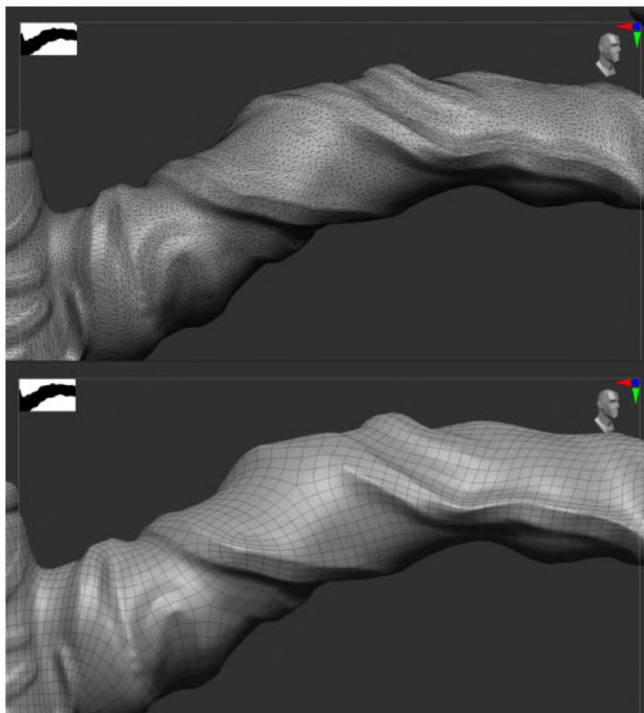


Рис. А. 18. Два види полігональної сітки (топології).

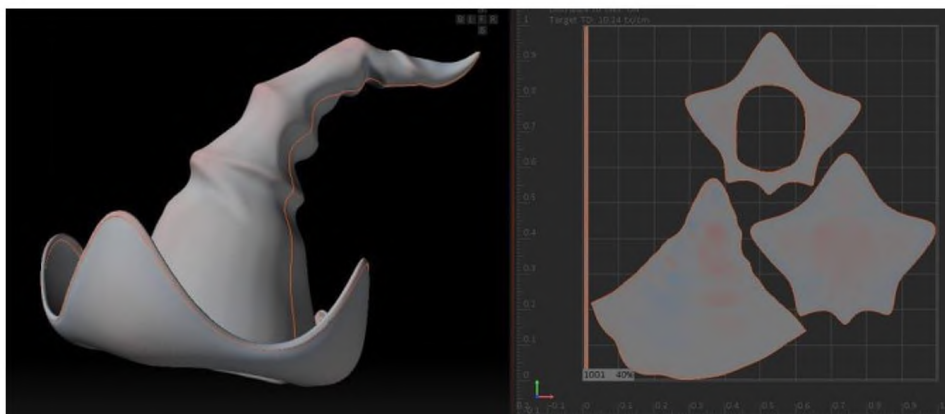


Рис. А. 19. Модель та її UV розгортка.



Рис. А. 20. Модель та її текстура.

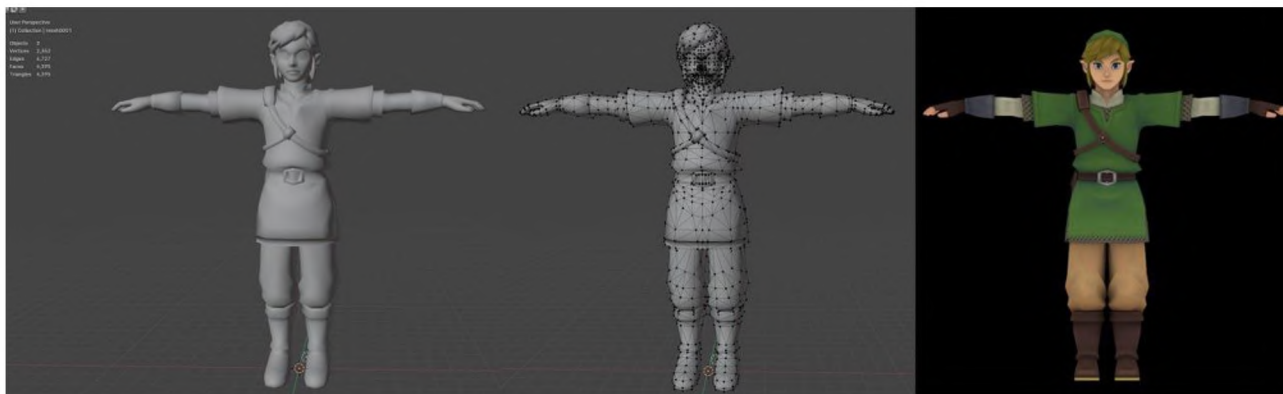


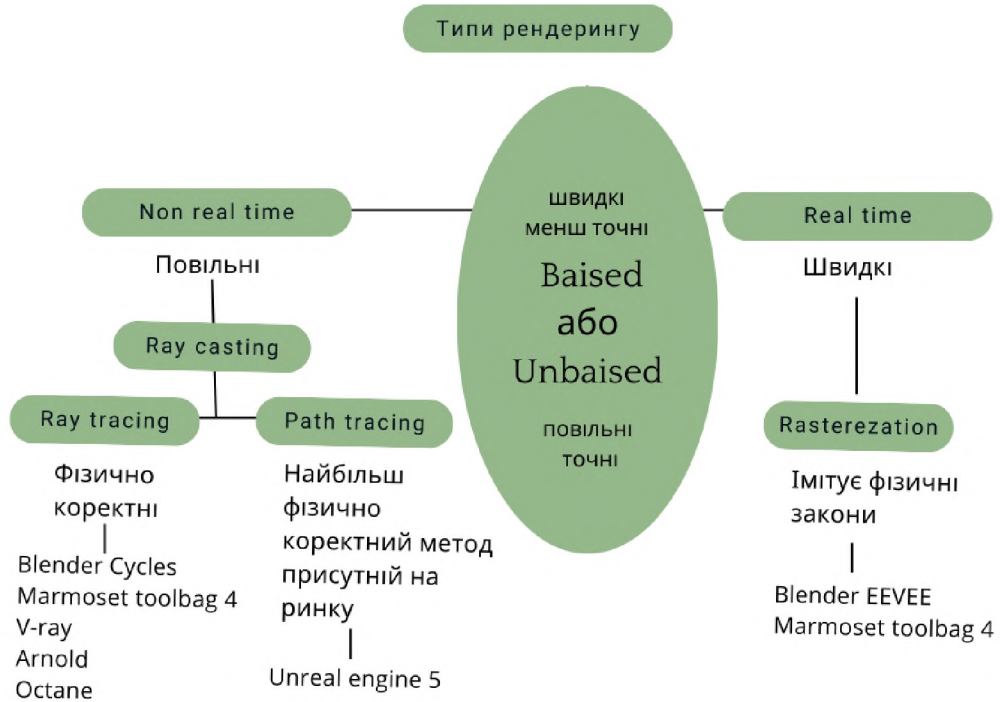
Рис. А. 21. Низькополігональна модель (4736 полігонів).




Рис. А. 22. Високополігональна модель для високобюджетної гри (<400 мільйонів полігонів)



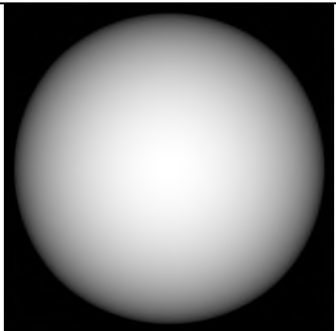
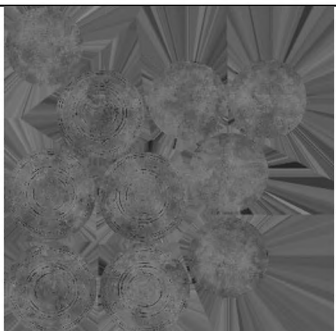
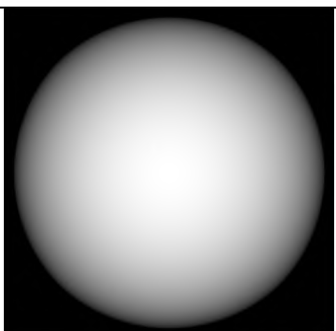
ДОДАТОК Б

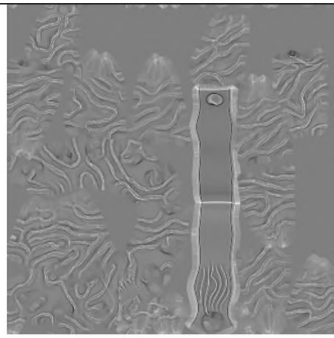


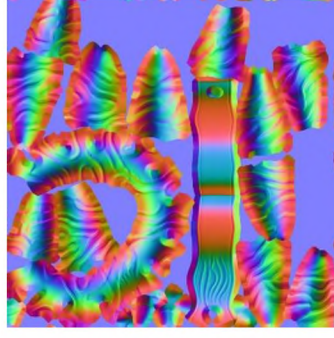

Таблиці та схеми



Таблиця Б.1 Типи рендерингу

Назва карти	Функція	Вплив на матеріал	Зовнішній вигляд
Deffuse color, albedo, base color	Зберігає інформацію про колір об'єкту	Миттєвий	

Normal map	Дозволяє імітувати геометрію шляхом маніпуляціями над нормальми об'єкту	Миттєвий	
Metalic map	Визначає чи є об'єкт металевим.	Миттєвий	
Height map	Дозволяє імітувати геометрію. Попередник Normal map	Миттєвий	
Roughnes map	Зберігає інформацію про глянцевість об'єкту	Миттєвий	
Displaicment map	Дозволяє змінювати геометрію об'єкту згідно з displacement map	Миттєвий	

Curvature map	Зберігає інформацію про зміну форми об'єкту. Його впадини та випуклості	Допоміжний	
Position map	Зберігає інформацію про розташування об'єкту у тривимірному просторі	Допоміжний	
Alpha map	Зберігає інформацію про прозорість об'єкту		
World space normal map	Вказує напрям повороту об'єкту у відношенні до початку координат	Допоміжний	
Ambient occlusion map	Зберігає інформацію про місця на об'єкті з найменшим впливом освітлення.	Миттєвий	

Таблиця Б.2 Найчастіше використовувані текстурні карти

ДОДАТОК В

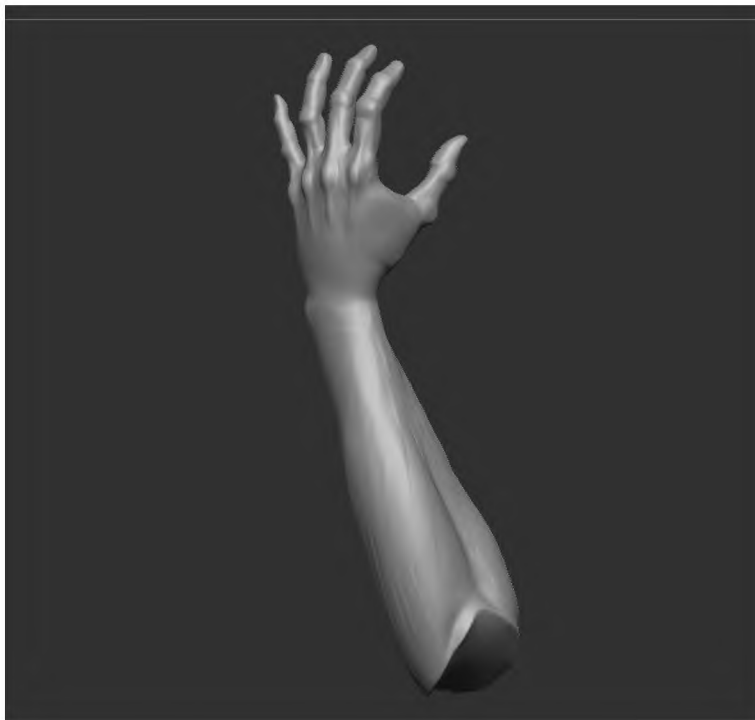


Рис. В. 1. Органічний елемент.



Рис. В. 2. Елемент «машинного походження».

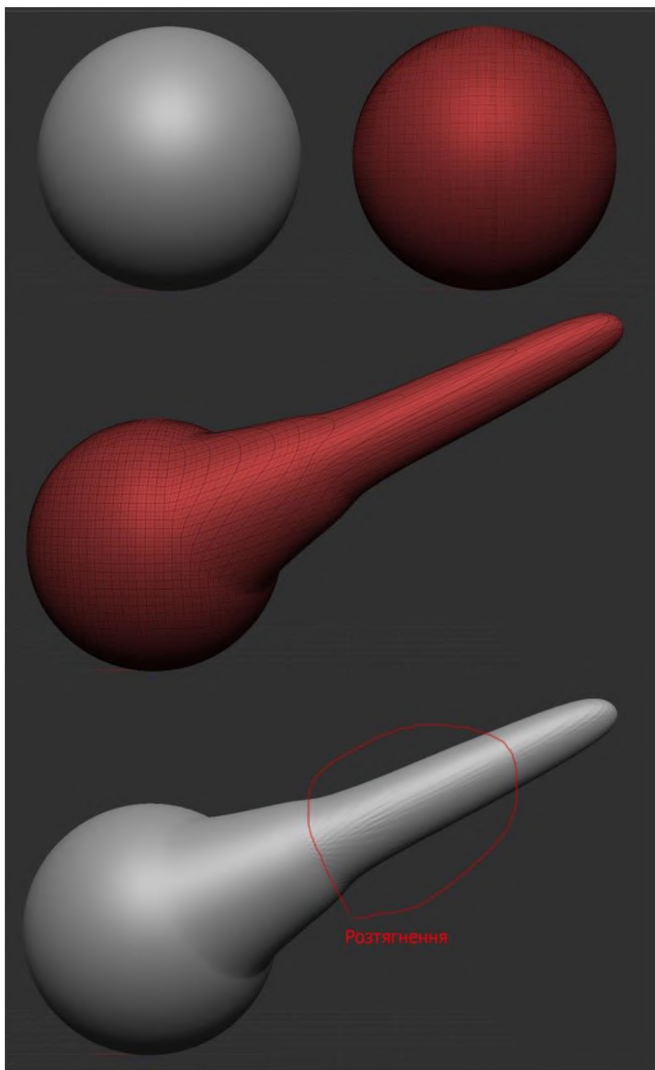


Рис. В. 3. Полігональне розтягнення

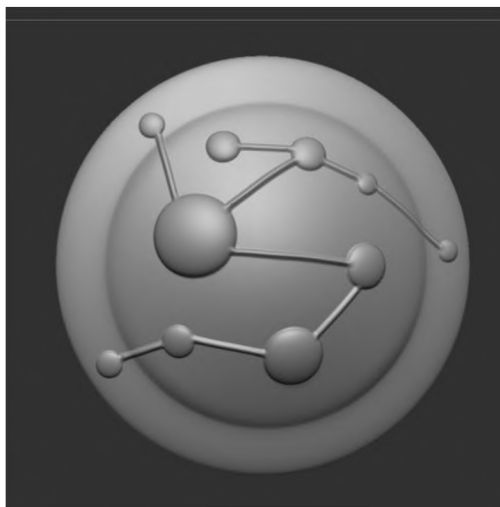


Рис. В. 4. Елемент паску. Завершений

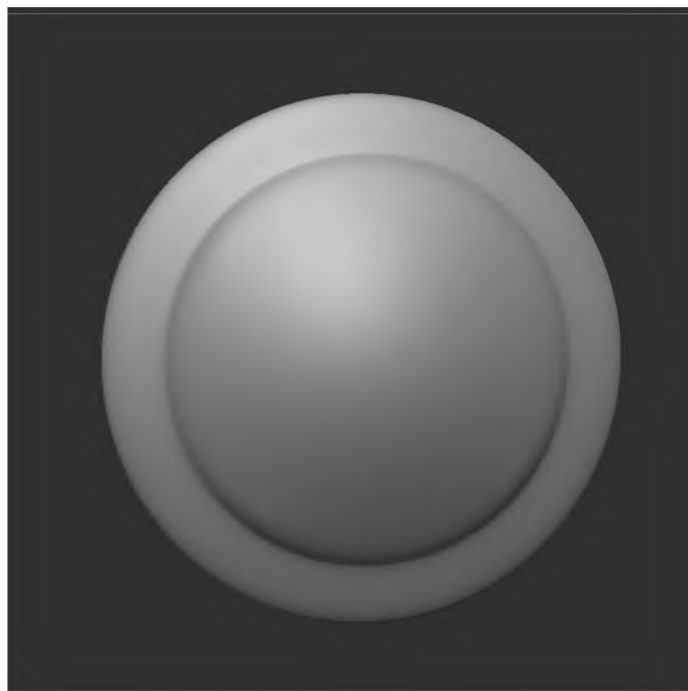


Рис. В. 5. Элемент паску основа.

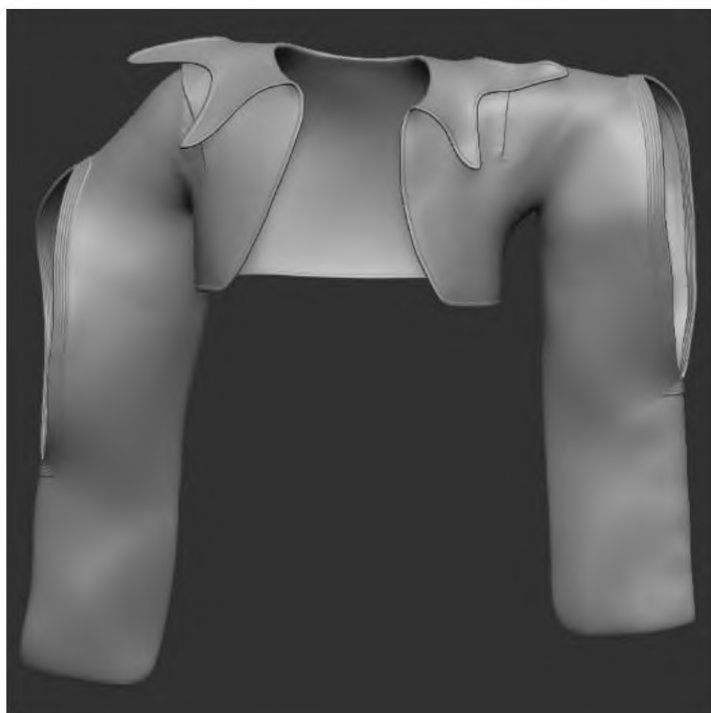


Рис. В. 6. Жилет. Завершений

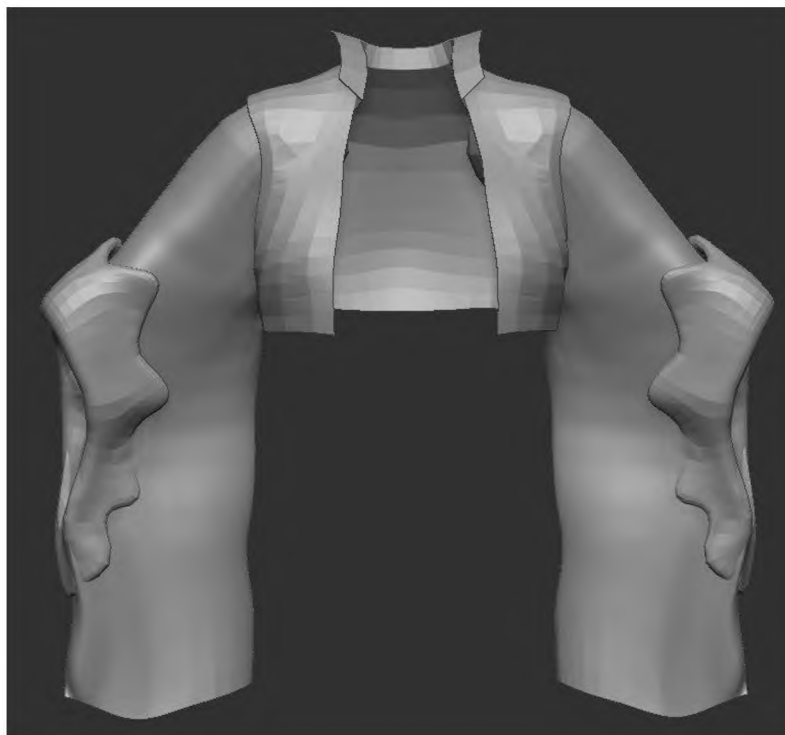


Рис. В. 7. Жилет на етапі пошуку.

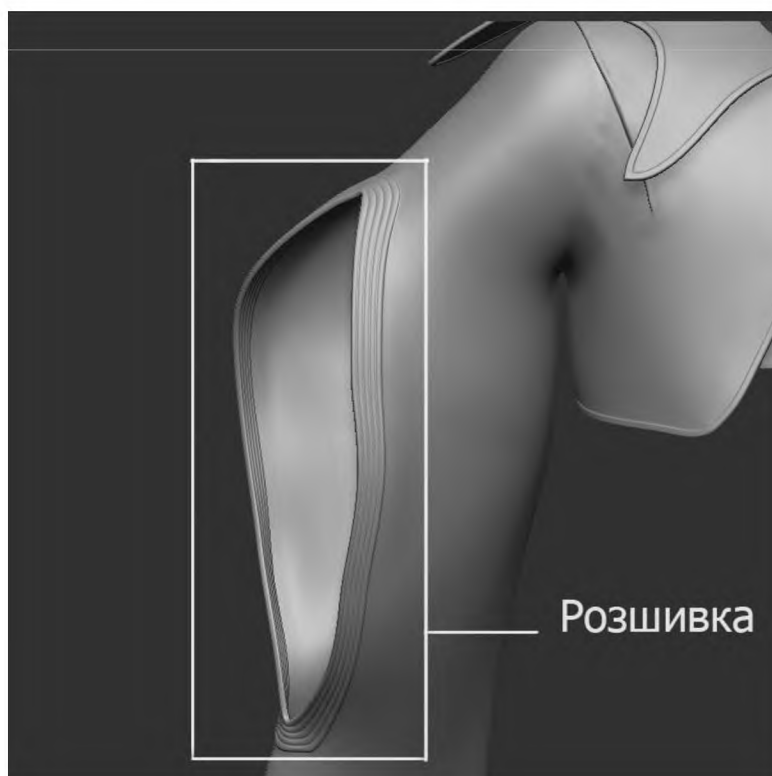


Рис. В. 8. Розшивка на рукаві.

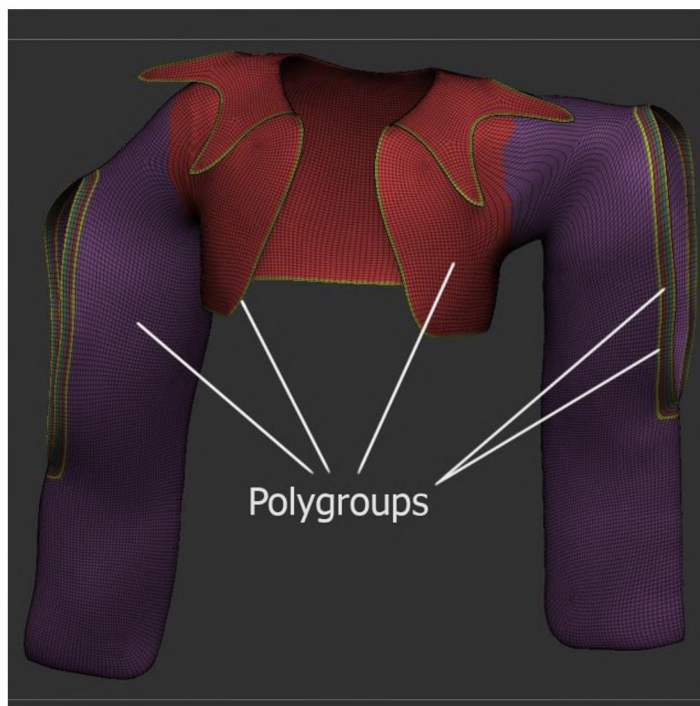


Рис. В. 9. Поділ жилету інструментом Polygroup.

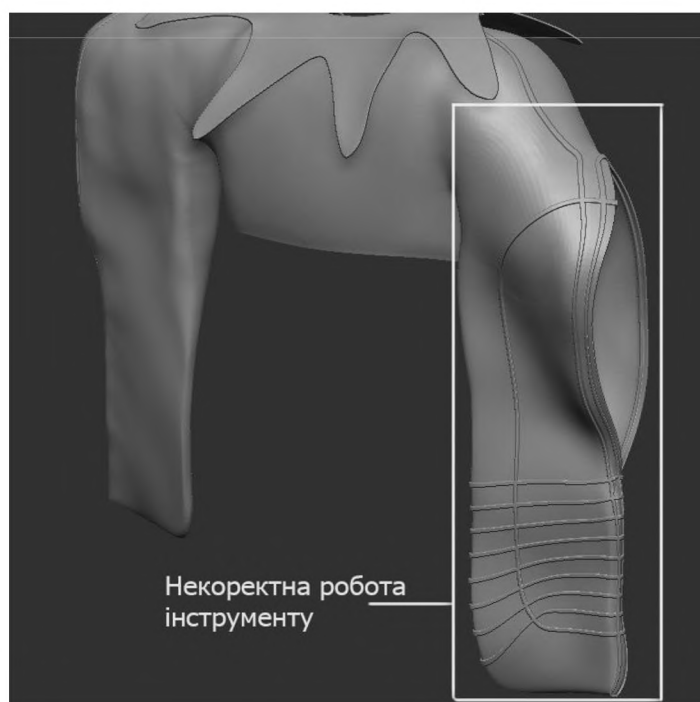


Рис. В. 10. Некоректна робота інструменту полігонального моделювання в Zbrush

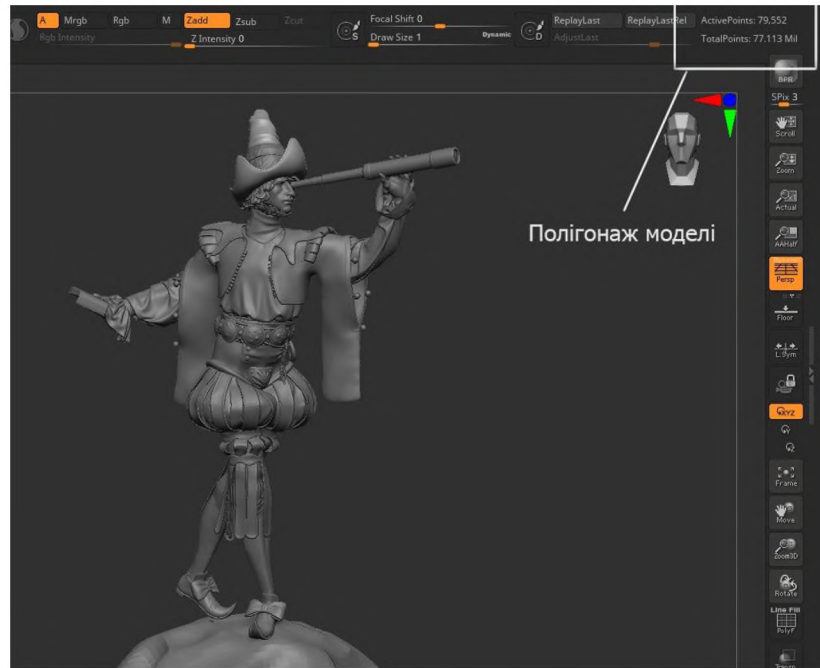


Рис. В. 11. Високополігональна версія моделі.

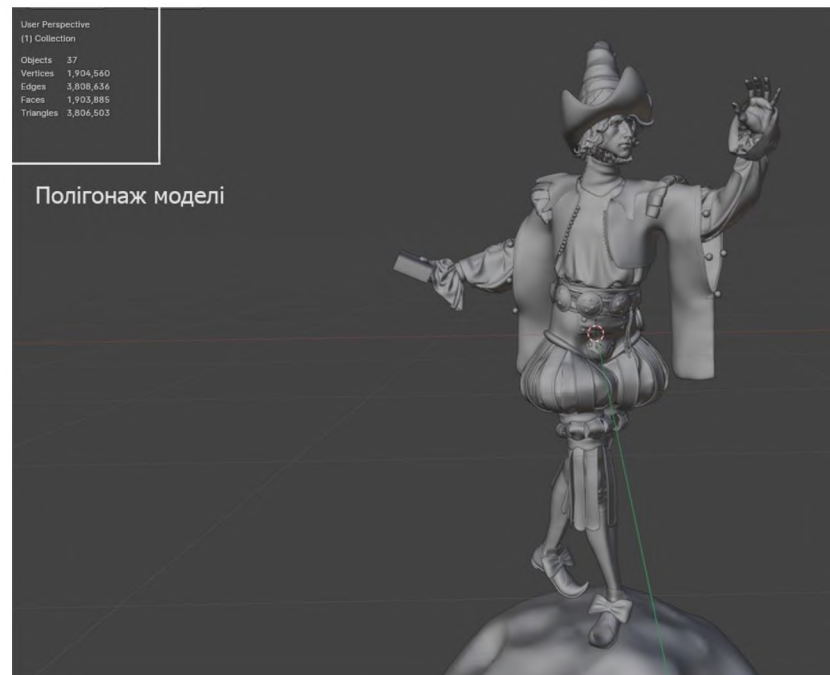


Рис. В. 12. Модель зі зменшеним «полігонажем».



Рис. В. 13. Приклади розгортки елементів моделі.

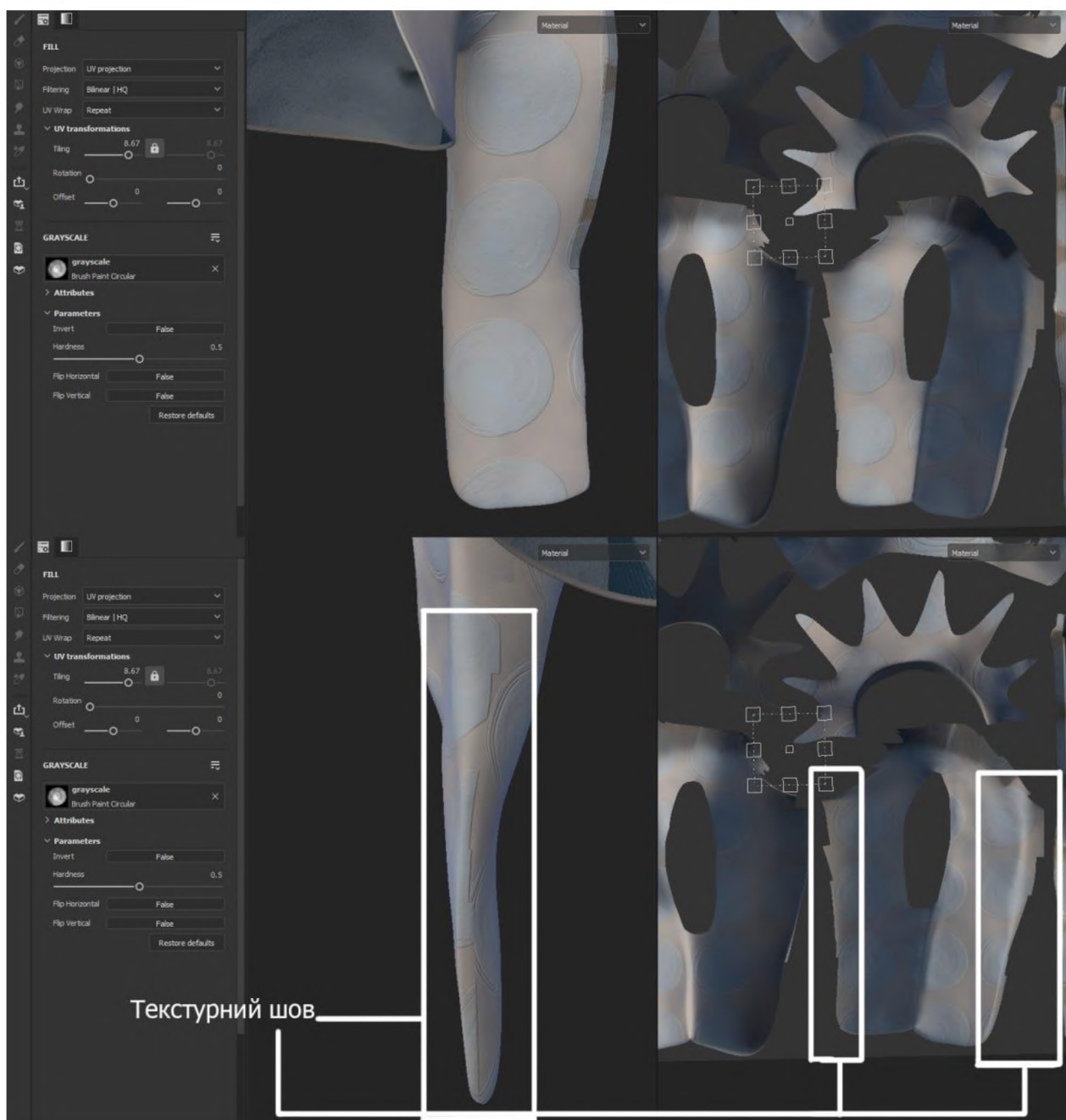


Рис. В. 14. Текстурний шов на рукаві жилету.

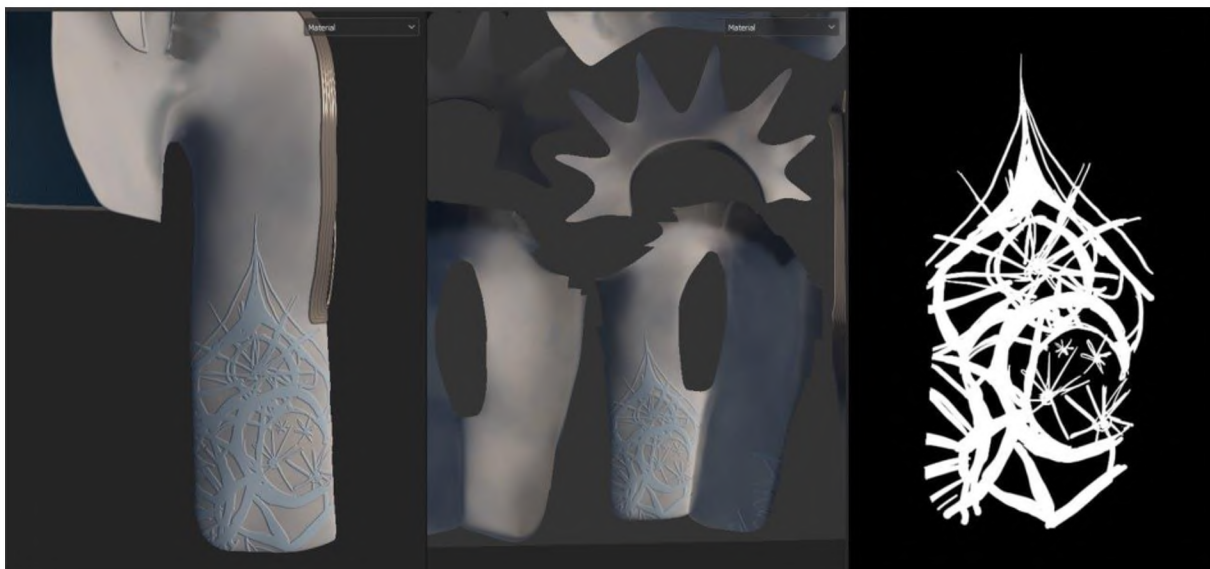


Рис. В. 15. Початковий етап створення візерунку.



Рис. В. 16. Маска візерунку підправлена в Photoshop.

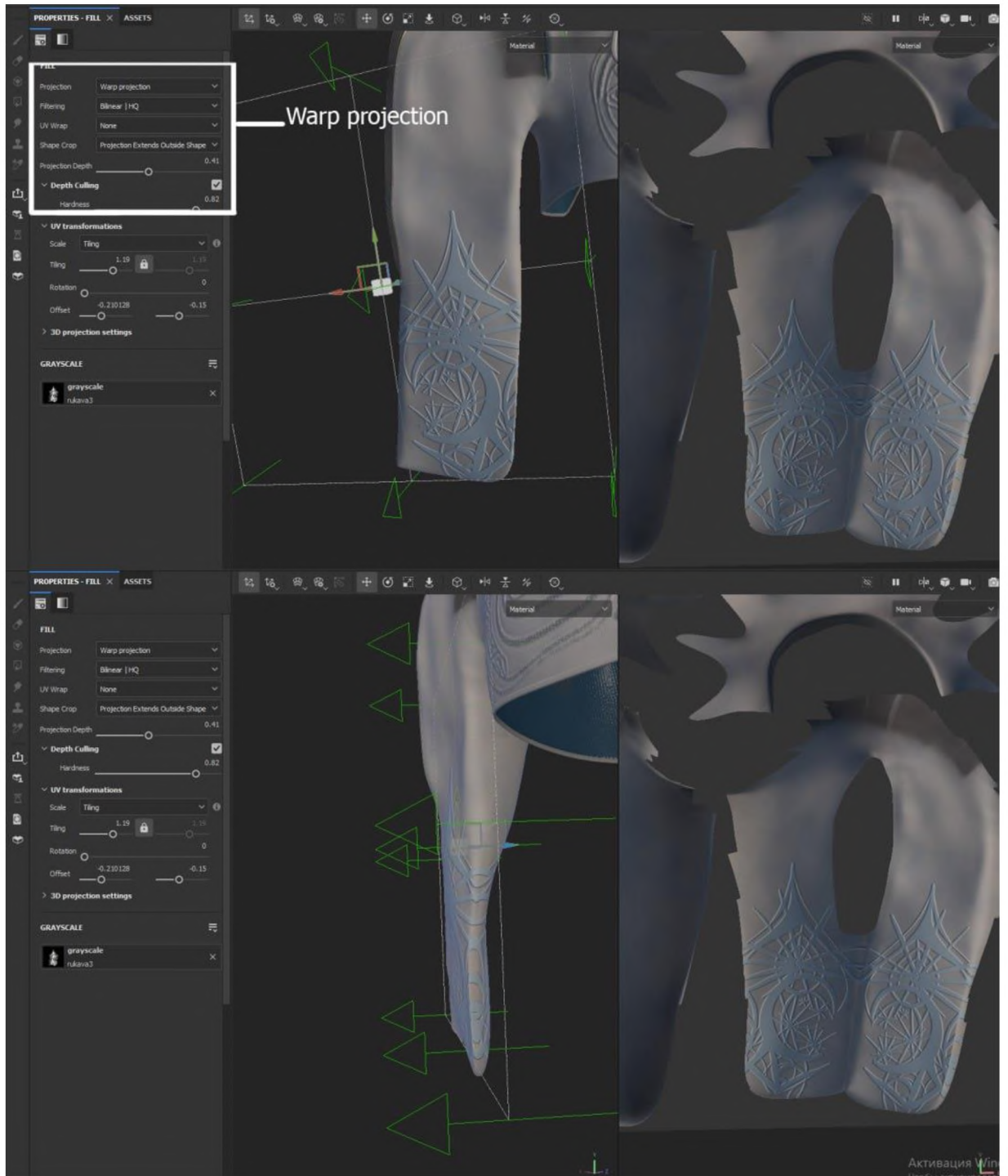


Рис. В. 17. Розміщення візерунку за допомогою warp projection.

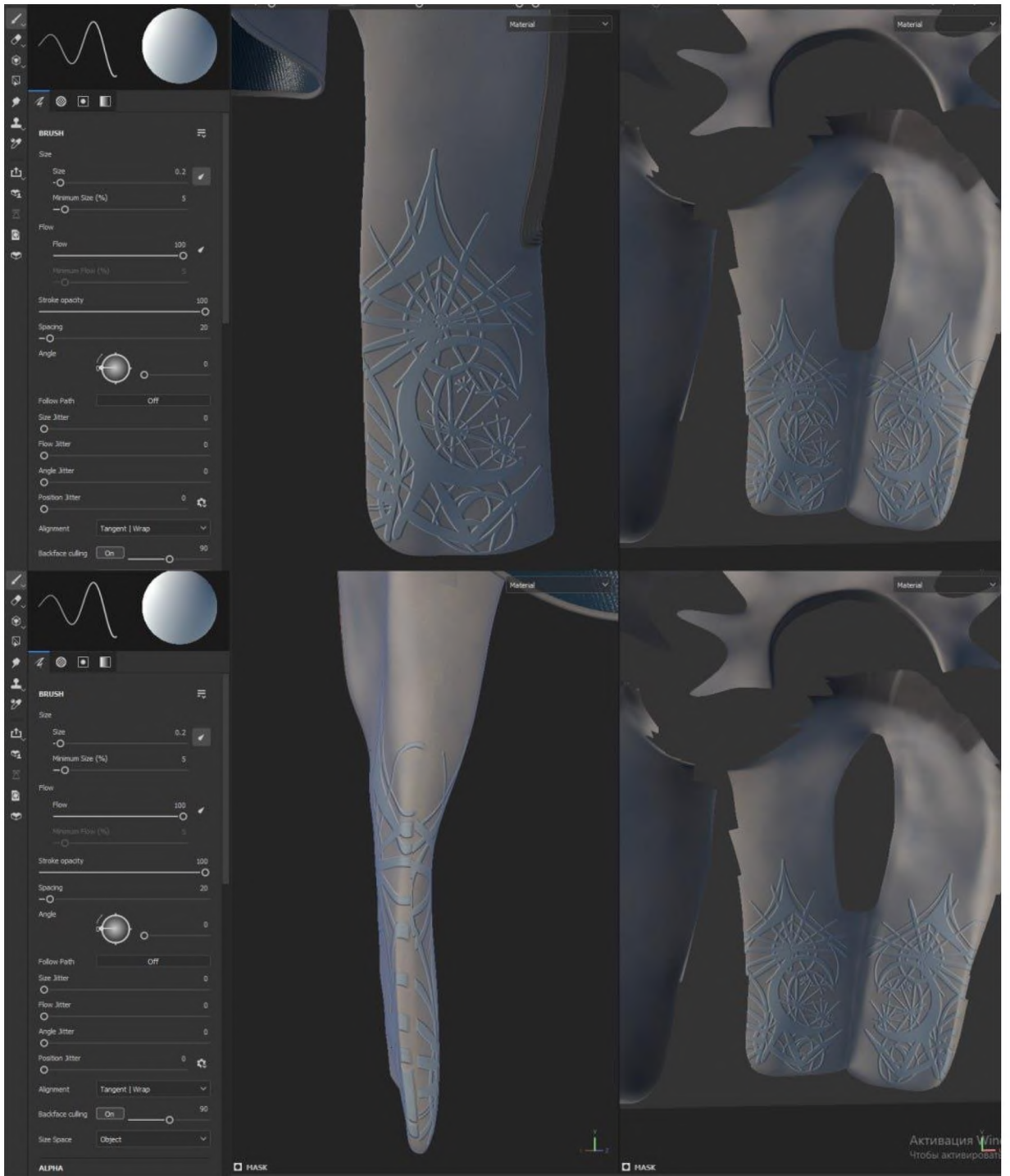


Рис. В. 18. Розміщення візерунку за допомогою planar projection. Явно помітний текстурний шов.

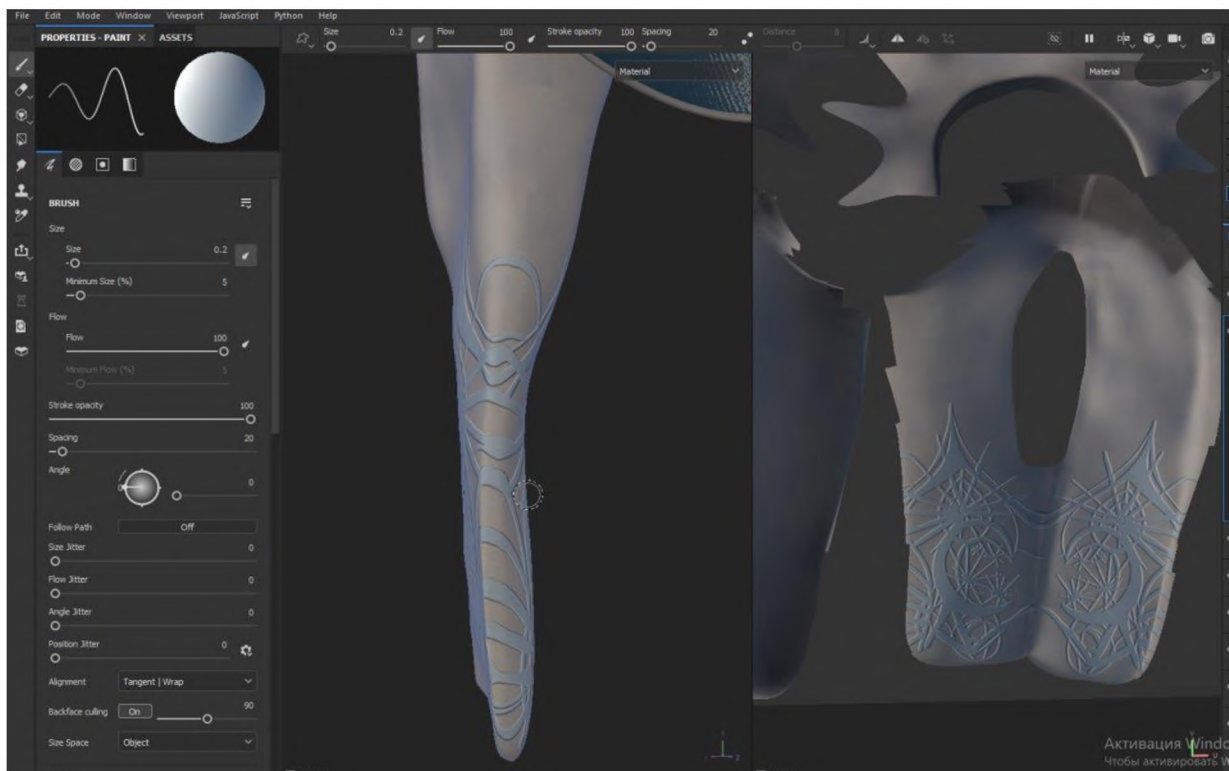


Рис. В. 19. Текстурний шов після ручного допрацювання.

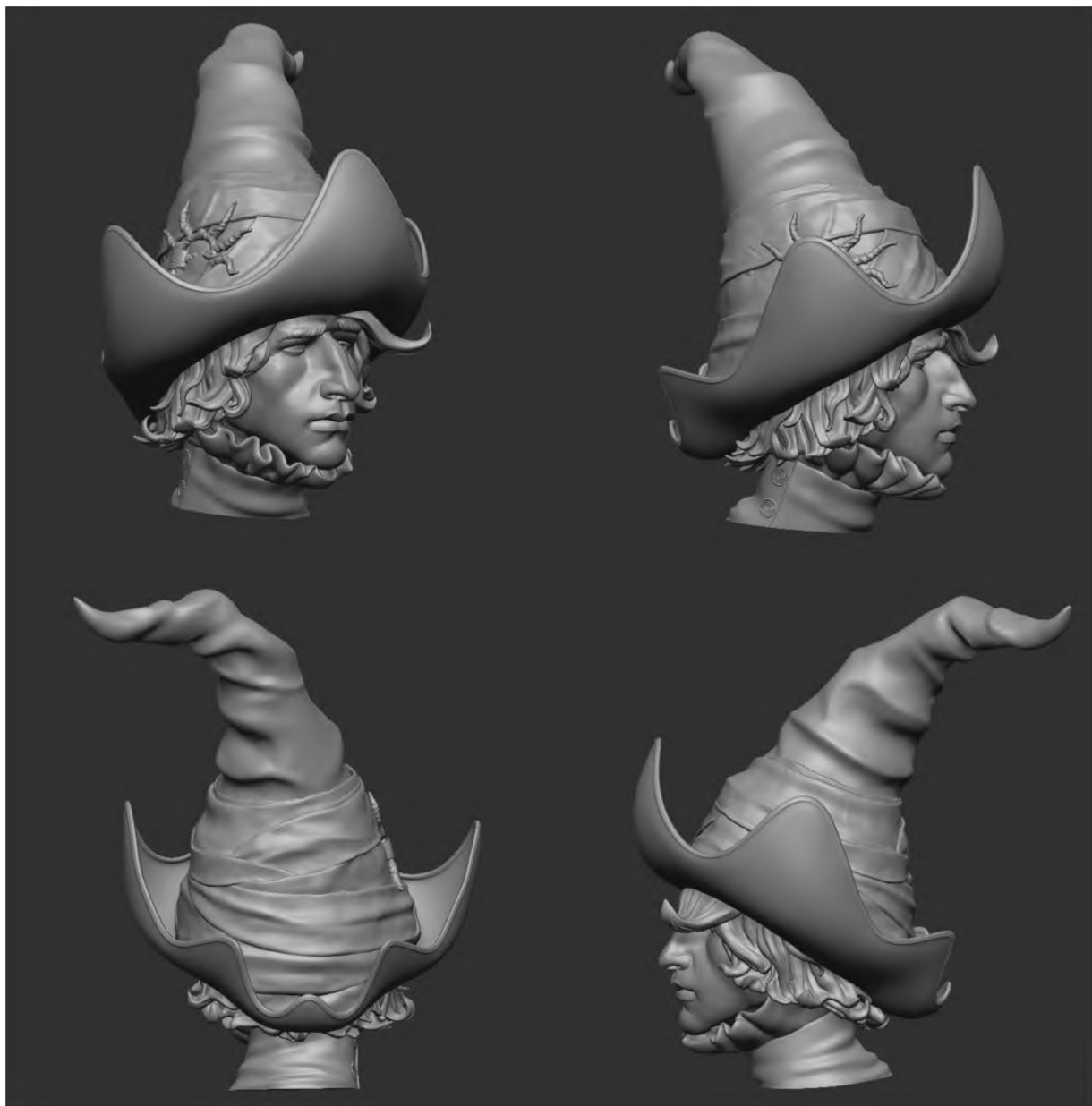


Рис. В. 20. Елемент моделі обраний для друку.

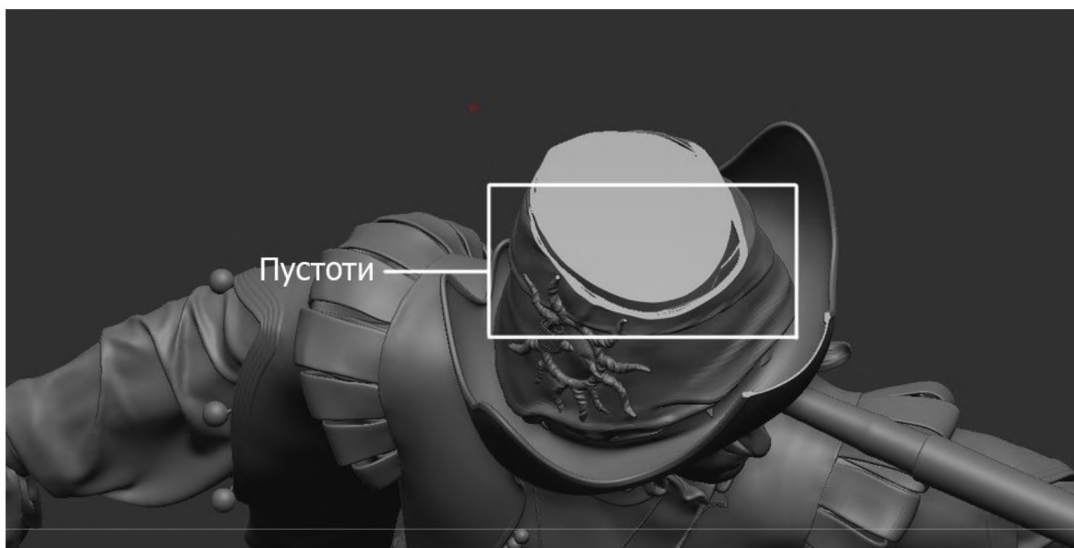


Рис. В. 21. Пустоти в моделі.



Рис. В. 22. Перший видрук.

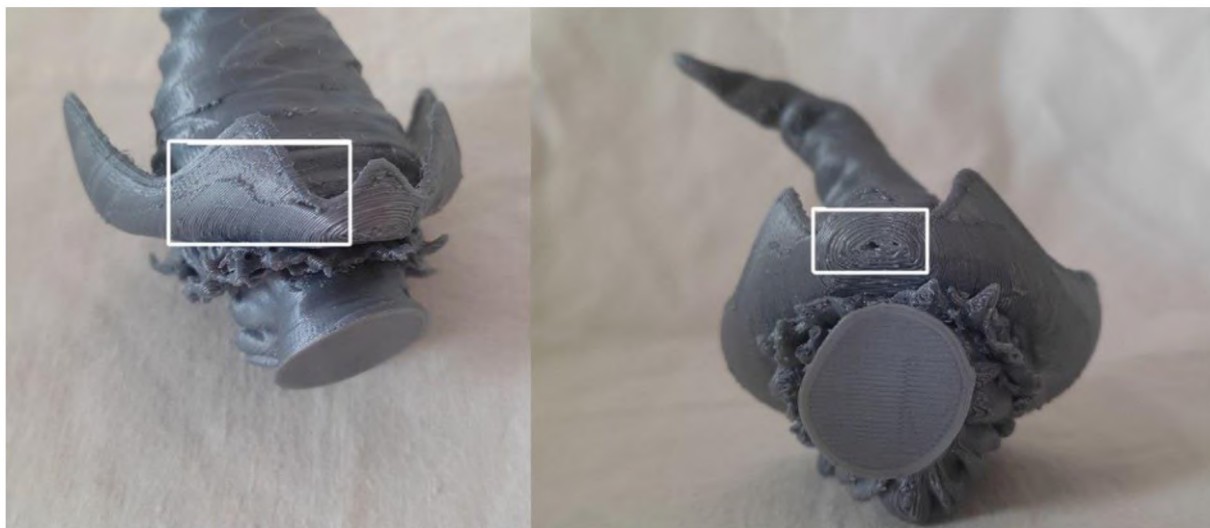


Рис. В. 23. Артефакти друку. Шов на капелюсі та отвори в ободі капелюха.



Рис. В. 24. Другий видрук.



Рис. В. 25. Друк дрібних деталей.

Фінальні рендери

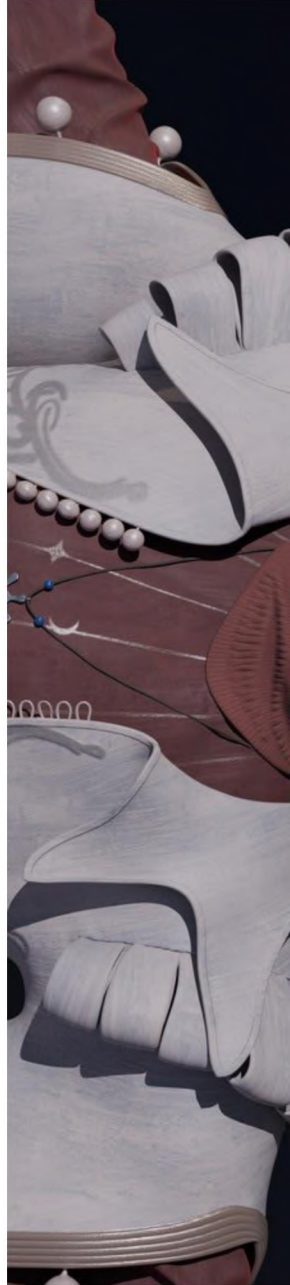


















Планшети

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ПАКЕТІВ ТРИВИМІРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПІД ЧАС РОЗРОБКИ МАКЕТІВ КОЛЕКЦІЙНИХ СТАТУЕТОК

Анотація

Кваліфікаційна робота магістра ОП "Дизайн". Мета даного дослідження полягає у висвітленні особливостей використання сучасного програмного забезпечення для створення тривимірних моделей статуєток, придатних для подальшого тривимірного друку. Перший розділ орієнтований на опис історичного підґрунтя розглянутих тем. Другий розділ проводить класифікацію колекційних статуєток та програм для роботи з тривимірною графікою. Третій розділ розглядає особливості моделей, створених для різноманітних галузей індустрії розваг. Четвертий розділ присвячений розробці основних принципів використання комплексу графічних програм при створенні тривимірної моделі статуєтки.

Різновиди статуєток

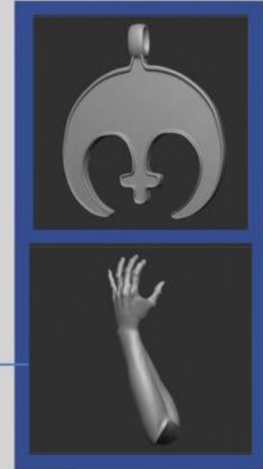


Trading figures - це мініатюрні фігурки, які продаються у закритих упаковках.
Другий різновид фігурок - розміром до 10 см.
Найбільші колекційні фігурки - від 15 см і вище.

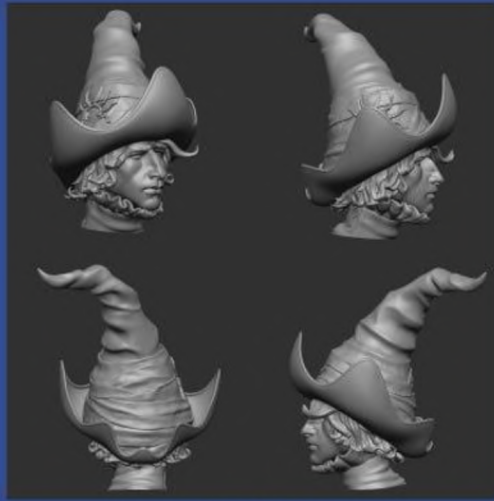




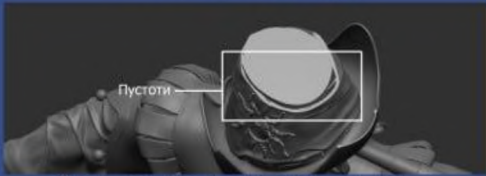
Зверху: високополігональна модель
Знизу: низькополігональна модель



ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ПАКЕТІВ ТРИВИМІРНОГО
МОДЕЛЮВАННЯ ПІД ЧАС РОЗРОБКИ МАКЕТІВ КОЛЕКЦІЙНИХ СТАТУЕТОК



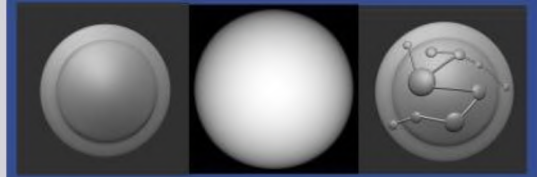
Елемент обранті для друку



Пустоти утворені в процесі моделювання



Артефакти друку



Моделювання диску



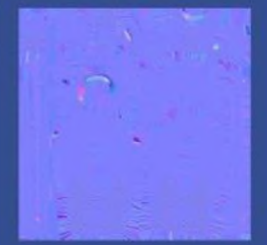
Base color



Normal map



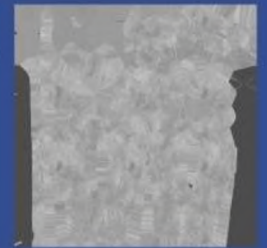
Metalic map



Roughness map



Sheen color map



Sheen roughness map

Текстурні карти які утворюють
матеріал жилету



ЛУЦЬКИЙ
НАЦІОНАЛЬНИЙ
ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ПАКЕТІВ ТРИВИМІРНОГО
МОДЕЛЮВАННЯ ПІД ЧАС РОЗРОБКИ МАКЕТІВ КОЛЕКЦІЙНИХ СТАТУЕТОК

