

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ФАКУЛЬТЕТ СОЦІАЛЬНОЇ ПЕДАГОГІКИ ТА ПСИХОЛОГІЇ**  
**КАФЕДРА ДИЗАЙНУ**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

бакалавра

на тему: СТВОРЕННЯ АНІМАЦІЙНОГО РОЛИКУ "SPACE JOURNEY"

Виконав: студент 4 курсу, групи 6.0229  
спеціальності 022 «Дизайн»  
освітньо-професійної програми «Графічний  
дизайн»  
Банас Денис Олексійович

Керівник: професор кафедри дизайну,  
д. філ. \_\_\_\_\_ Володимир КАРДАШОВ

Рецензент: викладач кафедри дизайну,  
к. мист. \_\_\_\_\_ Христина СОДОМОРА

Запоріжжя

2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет соціальної педагогіки і психології  
Кафедра дизайну  
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)  
Спеціальність 022 «Дизайн»  
Освітньо-професійна програма «Графічний дизайн»

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри дизайну  
\_\_\_\_\_ Ганна ЧЕМЕРИС  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Банасу Денису Олексійовичу

1. Тема роботи: Створення анімаційного ролику "Space Journey" науковий керівник роботи проф., д.філ. Кардашов В. М. затверджені наказом ЗНУ № 235-с від 05.02.2024

2. Строк подання студентом роботи: 27.05.2024

3. Вихідні дані до роботи: референси: фотографії ракет \_\_\_\_\_

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що належить розробити):  
теоретичні відомості про 3D моделювання; технологія створення 3D моделі та анімації ролику "Space Journey"

5. Перелік графічного матеріалу: презентація, демонстраційна графіка, анімаційний відеоролик.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали консультанта	Дата, підпис	
		Надано	Отримано

7. Дата видачі завдання: 15.11.2023

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання	Примітка
1	Призначення наукового керівника, затвердження теми.	жовтень	
2	Отримання завдання на проведення дослідження. Підготовка календарного плану виконання кваліфікаційної роботи.	листопад	
3	Проведення передпроектного дослідження: аналіз продукції та її аналогів, опис діяльності замовника та його цільової аудиторії, дослідження ринкової ситуації тощо. Пошукові й ескізні роботи. Підготовка чернетки теоретичного розділу.	грудень-лютий	
4	Проведення проектування: прототипування, ескізування, розробка варіацій, розробка концепту графічної форми.	березень	
5	Оформлення результатів проектування та підготовка презентаційної візуалізації розробленого концепту графічної форми.	квітень	
6	Усунення зауважень, врахування рекомендацій наукового керівника. Чистове оформлення роботи.	квітень	
7	<b>Попередній захист</b> кваліфікаційної роботи на кафедрі.	квітень	
8	Усунення зауважень за результатами передзахисту, доопрацювання роботи.	травень	
9	Проходження нормоконтролю.	травень	
10	Рецензування кваліфікаційної роботи. Доопрацювання кваліфікаційної роботи з урахуванням рекомендацій рецензента. Отримання рецензії.	травень	

Студент

\_\_\_\_\_

( підпис )

Денис БАНАС

(прізвище та ініціали)

Науковий керівник роботи

\_\_\_\_\_

( підпис )

Володимир КАРДАШОВ

(прізвище та ініціали)

**Нормоконтроль пройдено**

Нормоконтролер

\_\_\_\_\_

( підпис )

Ганна ЧЕМЕРИС

(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

**Банас Д. О. Створення анімаційного ролику "Space Journey" :** кваліфікаційна робота бакалавра спеціальності 022 «Дизайн» освітньо-професійної програми «Графічний дизайн» / наук. керівник, д. філ., проф. В. М. Кардашов. Запоріжжя : ЗНУ, 2024. 60 с.

**UA :** Робота викладена на 60 сторінках друкованого тексту. Перелік посилань включає 45 джерел. Об'єкт дослідження – технології тривимірного моделювання. Предмет дослідження – розробка 3D-моделі та анімаційного ролику. Мета дослідження – узагальнити досвід проектування, теоретично обґрунтувати та розробити 3D-модель та анімаційний ролик "Space Journey". В роботі представлено результати моделювання тривимірної моделі космічної ракети та створення анімаційного ролику "Space Journey" у програмі Blender.

**Ключові слова:** графічний дизайн, анімація, тривимірне моделювання.

**Banas D. O. Creating a "Space Journey" the Animated Video :** Bachelor's thesis, specialty 022 "Design", Educational and Professional Program "Graphic Design" / Sci. adv. PhD, Prof. V. M. Kardashov. Zaporizhzhia: ZNU, 2024. 60 p.

**EN :** The work is presented on 60 pages of printed text. The list of links includes 45 sources. The object of research is three-dimensional modelling technologies. The subject of the research is the developing a 3D model and an animated video. The purpose of the study is to summarize the design experience, theoretically substantiate and develop a 3D model and animated video "Space Journey". The paper presents the results of modelling a three-dimensional model of a space rocket and creating an animated video "Space Journey" in Blender.

**Key words:** graphic design, animation, three-dimensional modelling.

Апробація кваліфікаційної роботи:

1. Банас Д. О. Розробка анімаційного ролику "Space Journey". *Збірник матеріалів VIII науково-практичної студентської конференції «Мистецька освіта: традиції та перспективи розвитку»*. ЗНУ, 23 травня 2024 року.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП.....</b>	<b>6</b>
<b>РОЗДІЛ I</b>	
<b>ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ ПРО 3D МОДЕЛЮВАННЯ.....</b>	<b>9</b>
1.1. Опис тривимірного моделювання як технології комп'ютерної графіки	9
1.2. Принципи створення 3D моделей.....	16
<b>РОЗДІЛ II.</b>	
<b>ТЕХНОЛОГІЯ СТВОРЕННЯ 3D МОДЕЛІ ТА АНІМАЦІЇ РОЛІКУ</b>	
<b>"SPACE JOURNEY" .....</b>	<b>29</b>
2.1. Аналіз програмного забезпечення для створення 3D моделі та анімаційного ролику.....	29
2.2. Опис технології моделювання та створення анімації для ролику "Space Journey".....	43
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>52</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>55</b>
<b>ДОДАТКИ.....</b>	<b>60</b>
Додаток А.	
Демонстраційна графіка.....	60

## ВСТУП

**Актуальність.** Однією з основних тенденцій у галузі проектування на сьогоднішній день є перехід від двовимірного проектування та креслення до тривимірного моделювання. Цей перехід є не лише технологічним аспектом, але й стратегічно важливим кроком, що відображає глибокі зміни в підходах до проектування в різних галузях. Впровадження сучасних систем тривимірного проектування визначає хід розвитку проектних організацій, забезпечуючи їхню конкурентоспроможність та ефективність. Тривимірні моделі дозволяють не лише більш точно та реалістично представляти проект, а й забезпечують можливість взаємодії з ним в реальному часі, виявлення та вирішення потенційних проблем на етапі проектування. Цей підхід особливо корисний у галузях, де вимоги до точності, швидкості та інновацій стають все більш важливими, таких як архітектура, інженерія, виробництво та інші. Застосування тривимірного проектування дозволяє збільшити швидкість розробки, знизити витрати та покращити якість продукту чи проекту в цілому. Крім того, тривимірне моделювання стає основою для інших інноваційних технологій, таких як віртуальна реальність (VR) та доповнена реальність (AR), що відкриває нові можливості для співпраці, навчання та представлення проектів. Такий підхід також сприяє зменшенню кількості помилок та недорозумінь між учасниками проекту, підвищуючи загальну ефективність роботи. Ці системи дозволяють створювати більш точні та детальні моделі, що значно підвищує якість кінцевого продукту та знижує ризики помилок на всіх етапах проектування. Завдяки цьому, можна здійснювати не тільки проектувальну діяльність, а й створювати фотореалістичні зображення, які практично не поступаються реальній дійсності. Сучасні засоби тривимірної графіки дозволяють розглядати об'єкти під різними кутами зору, що сприяє кращому розумінню та аналізу проекту. Це дозволяє виконувати складні проекти, значною мірою економлячи матеріальні, часові та інтелектуальні ресурси. Тривимірне проектування забезпечує можливість точного моделювання та

аналізу будь-яких об'єктів, що дозволяє уникнути багатьох проблем ще на етапі проектування. Це особливо актуально для таких галузей, як архітектура, машинобудування, авіація та космічна промисловість, де точність та детальність є критично важливими. Використання систем тривимірного комп'ютерного проектування не обмежується лише створенням віртуальних об'єктів та 3D зображень. Завдяки технологіям тривимірного друку, створені моделі можуть бути втілені в реальність, що відкриває нові можливості для прототипування та виробництва. З іншого боку, моделювання віртуальної реальності та комп'ютерного ігрового геймплею дозволяє створювати інтерактивні та занурюючі середовища, які можуть бути використані як для розваг, так і для навчання та тренування. Популярність комп'ютерних графічних технологій та їх застосування в усіх галузях людської діяльності зростає з кожним роком. Інженерія, освіта, мистецтво, архітектура та дизайн - всі ці галузі активно інтегрують тривимірні технології у свою практику. Це дозволяє не тільки підвищити ефективність роботи, але й створювати нові форми вираження та комунікації.

Методи роботи з програмним забезпеченням тривимірного моделювання детально викладені в працях Дж. Джонса, Д. Банаха, Т. Бордмена, Г. Грехама, М. Джамбруно та інших. Вони описують різні аспекти використання цих програм, від основних принципів до передових технік. Опосередковано тема тривимірного моделювання як інструменту розглядається в публікаціях О. Боднара, О. Бойчука, В. Даниленка, В. Мироненка. В цих роботах аналізуються переваги та недоліки різних підходів до тривимірного моделювання, а також пропонуються шляхи їх оптимізації.

Технологічні можливості та проблеми комп'ютерної графіки досліджували такі автори, як Д. Кожушко [22], О. Шевченко [42], Т. Басюк [7], І. Малякова, Д. Калина та ін. Їхні роботи охоплюють широкий спектр тем, включаючи розробку нових алгоритмів рендерингу, оптимізацію робочих процесів, інтеграцію з іншими технологіями та багато іншого. Всі ці дослідження сприяють подальшому розвитку тривимірного моделювання та

його застосувань, допомагаючи знайти нові рішення для старих проблем та відкриваючи нові горизонти для творчості та інновацій.

Таким чином, тривимірне моделювання стає невід'ємною частиною сучасного проектування, надаючи нові інструменти та можливості для реалізації найсміливіших ідей та проектів. Використання цих технологій не тільки підвищує ефективність роботи, але й відкриває нові можливості для розвитку різних галузей, роблячи їх більш конкурентоспроможними на світовому ринку.

**Об'єкт дослідження** – технології тривимірного моделювання.

**Предмет дослідження** – розробка 3D-моделі та анімаційного ролику.

**Мета дослідження** – узагальнити досвід проектування, теоретично обґрунтувати та розробити 3D-модель та анімаційний ролик "Space Journey" на основі сучасних методів тривимірного моделювання.

Відповідно до предмету, мети та гіпотези визначено основні **завдання**:

1. Проаналізувати наукову, спеціальну літературу та мережні джерела з метою вивчення функцій та цілей програми для створення 3D моделей.
2. Провести аналіз існуючих середовищ розробки та обрати тривимірний графічний редактор, що найбільше відповідає вимогам;
3. Дібрати референси для моделювання 3D моделі;
4. Охарактеризувати основні етапи створення 3D моделі ракети;
5. Розробити 3D модель ракети та анімувати проєкт.

**Структура пояснювальної записки.** Пояснювальна записка складається зі вступу, 3 розділів, висновків, списку використаних літературних джерел і додатків. Обсяг кваліфікаційної роботи становить 60 сторінок, 45 літературних джерел. Обсяг основної частини кваліфікаційної роботи становить 59 сторінок. За темою роботи опубліковано 1 теза доповіді на конференції.



## РОЗДІЛ I

### ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ ПРО 3D МОДЕЛЮВАННЯ

#### **1.1. Опис тривимірного моделювання як технології комп'ютерної графіки**

Комп'ютерна графіка — це важлива наукова дисципліна, яка вивчає різноманітні методи і технології для створення, обробки та відображення зображень за допомогою програмного та апаратного забезпечення. Тривимірна графіка, один з основних напрямків комп'ютерної графіки, охоплює широкий спектр прийомів та інструментів, які використовуються для моделювання об'ємних об'єктів у тривимірному просторі.

Застосування тривимірної графіки розповсюджене в архітектурній візуалізації, кінематографі, телевізійних передачах, комп'ютерних іграх, віртуальній реальності, наукових дослідженнях та промисловості. Однією з головних особливостей тривимірної графіки є можливість створення об'ємних зображень на площині, відмінних від традиційних двовимірних зображень. Це досягається за допомогою спеціалізованих програм, які відображають геометричні проекції тривимірних моделей на площину екрана.

Тривимірна комп'ютерна графіка включає в себе такі розділи, як 3D-моделювання, 3D-анімація та 3D-візуалізація. Це широкий спектр технологій та програмного забезпечення, які використовуються для створення, редагування та відображення об'єктів у тривимірному просторі. Зазвичай ці технології застосовуються в архітектурній візуалізації, кінематографі, телебаченні, комп'ютерних іграх, друкованій продукції, наукових дослідженнях та рекламі. Вони є важливою складовою сучасного цифрового світу і знаходять широке застосування в різних галузях людської діяльності [14].

Процес створення 3D-моделі зазвичай складається з кількох етапів:

**Моделювання:** На цьому етапі формується геометрія об'єкта. Це може бути зроблено вручну за допомогою спеціалізованого програмного

забезпечення, такого як Blender, Maya або 3ds Max, або автоматично з використанням 3D-сканерів.

Текстурування: Після створення моделі, її поверхні додаються текстури для надання кольору, деталі та візуального вигляду.

Освітлення: Правильне розміщення джерел світла є критичним для досягнення реалістичності моделі.

Анімація: Якщо модель потребує руху, то додаються скелети (rigging) та ключові кадри (keyframes), щоб анімація виглядала плавною і природною.

Рендеринг: Це фінальний етап, на якому створюється остаточне зображення або відео з моделі. Рендеринг використовує алгоритми для обчислення освітлення, тіней та відбитків для досягнення високої якості зображення.

*Модель* — об'єкт, який відображає суттєві особливості досліджуваного об'єкта, явища або процесу.

Сцена (віртуальний простір моделювання) включає в себе кілька категорій об'єктів, які формують візуальне середовище і впливають на сприйняття користувача:

1. Геометрія: це основна структура сцени, побудована за допомогою різних технік моделювання. Наприклад, це може бути модель будівлі з усіма її складовими частинами.
2. Матеріали: ця категорія включає інформацію про візуальні властивості об'єктів, такі як колір, текстура, прозорість тощо. Наприклад, вона описує колір стін будівлі, а також їхню здатність відбивати або заломлювати світло.
3. Джерела світла: це об'єкти, які визначають освітлення сцени. Вони включають в себе інформацію про напрямок, потужність та спектр світла. Наприклад, це може бути сонячне світло або світло від ліхтарів.
4. Віртуальні камери: це об'єкти, які відповідають за вибір точки та кута побудови проєкції сцени. Вони визначають те, як сцена буде відображатися на екрані.

5. Сили та дії: це об'єкти, які впливають на динаміку сцени. Наприклад, це може бути налаштування динамічних спотворень об'єктів, що використовується в анімації для створення реалістичних ефектів.

6. Додаткові ефекти: це об'єкти, що імітують різноманітні атмосферні явища, такі як світло у тумані, хмари, полум'я тощо. Вони додають реалізму і атмосферності до сцени, створюючи більш виразну іммерсивну ілюзію.

*Моделювання* - створення тривимірної математичної моделі сцени і об'єктів в ній.

Тривимірне моделювання - це процес дослідження об'єкта, явища або процесу шляхом побудови його віртуальної моделі, яка відображає його в тривимірному просторі. Основним завданням тривимірного моделювання є створення точного та реалістичного опису об'єктів та їх розміщення у віртуальній сцені з використанням геометричних перетворень, щоб задовольнити вимоги до майбутнього зображення.

Під час тривимірного моделювання використовуються спеціалізовані програмні засоби, що дозволяють створювати складні тривимірні об'єкти та реалістичні сцени. Ці програми надають широкий набір інструментів для створення, редагування та візуалізації об'єктів у тривимірному просторі.

Під час моделювання можна враховувати різні аспекти об'єкта, такі як його форма, розміри, текстури, матеріали, освітлення та інші характеристики. Крім того, за допомогою тривимірного моделювання можна анімувати об'єкти, щоб досліджувати їхню динаміку та поведінку у різних умовах.

Застосування тривимірного моделювання розповсюджене у багатьох галузях, таких як архітектура, інженерія, медицина, наука, комп'ютерні ігри та багато інших. Воно дозволяє створювати віртуальні прототипи, відтворювати складні явища та процеси, виконувати аналіз та моделювання різноманітних сценаріїв.

*Рендеринг* (англ. Rendering - «візуалізація») в комп'ютерній графіці - це процес отримання зображення по моделі за допомогою комп'ютерної програми.

Ця модель - це опис тривимірних об'єктів на строго певному мовою або у вигляді структури даних. Такий опис може містити геометричні дані, положення точки спостерігача, інформацію про висвітлення. Зображення - це цифрове растрове зображення. Простіше кажучи, рендеринг - створення плоского зображення (картинки) за розробленою 3D сцені. Синонімом в даному контексті є візуалізація”.

*“Рендеринг (візуалізація) - побудова проекції відповідно до обраної фізичною моделлю. Рендеринг – процес візуалізації, тобто прорисовування на екрані тривимірної моделі” [23 ].*

Це один з найбільш важливих розділів в комп'ютерній графіці, і на практиці він тісно пов'язаний з іншими. Зазвичай, програмні пакети тривимірного моделювання та анімації включають в себе також і функцію рендерінга. Існують окремі програмні продукти, що виконують рендеринг.

*Графічний движок ("візуалізатор"; іноді "рендер") — підпрограмне забезпечення, основним завданням якого є візуалізація (рендеринг) двомірної або тривимірної комп'ютерної графіки.*

Залежно від мети, розрізняють два основних підходи до візуалізації в тривимірному моделюванні: пре-рендеринг та рендеринг в реальному часі.

Пре-рендеринг - це процес візуалізації, який відбувається перед часом відтворення, такий як у відео, кіно або анімації. В цьому випадку складні тривимірні сцени обробляються на потужних комп'ютерах протягом тривалого часу, щоб створити високоякісне зображення. Цей процес може бути досить повільним через високу обчислювальну складність, але в результаті можна отримати деталізовані та реалістичні зображення.

Рендеринг в реальному часі використовується в комп'ютерних іграх та інтерактивних додатках, де зображення генерується та відображається на екрані майже миттєво. Цей процес вимагає швидкісного обчислювального обладнання, такого як 3D-прискорювачі, щоб обробляти графічні об'єкти у реальному часі. Рендеринг в реальному часі дозволяє користувачам взаємодіяти з віртуальним середовищем, рухатися по ньому та спостерігати за змінами без помітних

затримок.

Кожен з цих методів має свої переваги та недоліки і використовується залежно від конкретної мети проекту. Пре-рендерінг надає високу якість та деталізацію, але потребує часу для обробки, тоді як рендерінг в реальному часі дозволяє отримувати миттєвий відгук та інтерактивність, але може бути обмеженим в якості зображення через обмежену обчислювальну потужність.

*Рендеринг* - це етап в процесі комп'ютерної графіки, на якому тривимірні векторна модель перетворюється на двовимірне растрове зображення. У випадку створення фільму, рендериться послідовність таких зображень - кадрів. Структура даних зображення на екрані представлена матрицею точок, кожна з яких визначається принаймні трьома числами, що відповідають інтенсивності червоного, синього і зеленого кольорів.

Рендеринг перетворює тривимірну векторну структуру даних у плоску матрицю пікселів. Цей процес може вимагати складних обчислень, особливо якщо потрібно створити ілюзію реальності. Найпростіший вид рендеринга - це побудувати контури моделей на екрані комп'ютера під час розробки моделі за допомогою проєкції. Однак цього зазвичай недостатньо, і потрібно створити ілюзію матеріалів, з яких виготовлені об'єкти, а також розрахувати спотворення цих об'єктів у залежності від прозорих середовищ, через які вони проходять (наприклад, рідини у склянці).

Технології візуалізації включають різні методи і алгоритми, які можуть бути комбіновані для досягнення бажаного результату, наприклад:

1. Z-буфер - це метод, який використовується для рендерингу тривимірних сцен у програмних інтерфейсах, таких як OpenGL і DirectX 10. Він дозволяє визначити, які об'єкти перебувають передніми і які - задніми, що робить реалістичний рендеринг.

2. OpenGL - це відкрита графічна бібліотека, яка надає інтерфейс для написання програм, які використовують двовимірну і тривимірну графіку. Її використовують для візуалізації в наукових дослідженнях та для створення складних тривимірних зображень.

3. DirectX - це набір API функцій, призначений для розв'язання завдань, пов'язаних з ігровим та програмним забезпеченням графіки на платформі Microsoft Windows.

4. Сканлайн (scanline) і трасування променів (ray tracing) - це алгоритми, які використовуються для розрахунку кольору кожної точки зображення. Вони використовуються для створення реалістичних зображень і відтворення світла та тіней.

5. Глобальне освітлення (global illumination, radiosity) - це метод розрахунку взаємодії поверхонь та середовища у видимому спектрі випромінювання за допомогою інтегральних рівнянь. Він дозволяє створювати реалістичні ефекти світла та тіней у тривимірних сценах.

Зараз важко відрізнити алгоритми трасування променів. Наприклад, у 3D Studio Max стандартний візуалізатор називається Default scanline renderer, але він враховує не лише внесок дифузного, відбитого та власного (кольори самосвічіння) світла, але і згладжені тіні. Це призводить до того, що термін "Raycasting" частіше використовується для опису зворотного трасування променів, тоді як "Raytracing" - для прямого. Однак, з останніми технологічними вдосконаленнями та взаємодією різних методів, грань між цими поняттями стала менш очевидною, і вони можуть використовуватися взаємозамінно або в поєднанні залежно від конкретної ситуації.

*Платформа (комп'ютерна)* – сукупність комп'ютерів, так чи інакше сумісних між собою [41].

*САПР (система автоматизованого проектування)* – це програмний комплекс, призначений для конструювання і технічного креслення за допомогою комп'ютера [40].

*Редактори тривимірної графіки* – програми і програмні пакети, призначені для тривимірного моделювання.

*Полігональна сітка* – сукупність вершин, ребер, граней, що визначають форму багатогранного об'єкта в тривимірній графіці.

*Полігон* – найдрібніший елемент полігональної сітки, може бути

трикутником, чотирикутником або іншим простим опуклим багатокутником.

*Слайн* — двовимірний геометричний об'єкт, який може служити основою для побудови тривимірних об'єктів.

3D-моделювання знаходить застосування у багатьох галузях. У кіно та анімації ця технологія використовується для створення спецефектів та анімаційних фільмів, надаючи їм реалістичності та динамічності. У відеоіграх 3D-моделі є основою візуального середовища і персонажів, що дозволяє створювати захоплюючий ігровий досвід. Архітектори та дизайнери використовують 3D-моделі для візуалізації проектів перед їх реалізацією, що дозволяє побачити кінцевий результат ще на етапі планування. У медицині 3D-моделювання допомагає у створенні точних моделей органів для навчання та хірургічних симуляцій, що покращує якість медичної освіти та практики. Віртуальна та доповнена реальність також широко використовують 3D-моделі для створення реалістичних віртуальних середовищ та інтерактивних додатків, що надає користувачам нові можливості для занурення в цифровий світ.

Переваги 3D-моделювання включають можливість створення реалістичних об'єктів та середовищ, що дозволяє досягти високого рівня деталізації та візуальної якості. Гнучкість цієї технології проявляється у легкості зміни і редагування моделей без необхідності створення їх з нуля, що значно економить час і ресурси. Візуалізація проектів та ідей на ранніх етапах розробки допомагає краще розуміти і оцінювати кінцевий результат, що сприяє ефективнішому плануванню та виконанню. Інтерактивність 3D-моделей підтримує створення відеоігор та навчальних симуляцій, що робить навчання та розваги більш захоплюючими та ефективними.

Тривимірна комп'ютерна графіка відкриває широкі можливості для створення вражаючого та привабливого візуального контенту у сфері інтерактивної реклами. Ось деякі з основних можливостей, які активно використовуються:

1. Створення повністю "намальованих" сцен. Тривимірна графіка дозволяє створювати вражаючі та реалістичні віртуальні сцени, які можуть бути

використані для презентації товарів або послуг.

2. Заміна фону та створення заднього плану. Віртуальна графіка дає можливість замінити або додати фонові елементи, що дозволяє створювати різноманітні сценарії та настроєвість.

3. Додавання в кадр акторів, персонажів або істот. Можливість вставляти віртуальних персонажів або об'єкти до реального відео дає можливість створити цікавий та привабливий контент.

4. Заміна акторів та їхніх дій. Тривимірна графіка дозволяє замінити акторів або змінити їхні дії в кадрі, що дає можливість створювати цікаві та незвичайні сценарії.

5. Додавання в кадр предметів та видалення їх. Віртуальна графіка дозволяє додавати або видаляти предмети з кадру, що дає можливість створювати різноманітні ефекти та сценарії.

6. Зміна швидкості, затемнення та висвітлення зображень. Тривимірна графіка дає можливість редагувати та покращувати відео, змінюючи швидкість відтворення, затемнюючи або висвітлюючи зображення.

7. Конвертування 2D-відео у 3D-формат. Технології тривимірної графіки дозволяють перетворювати звичайне 2D-відео у вражаючі 3D-формати, що розширює можливості рекламного контенту.

8. Створення привабливих написів, титрів, логотипів та іншого мультимедійного контенту. Тривимірна графіка дозволяє створювати ефектні та привабливі графічні елементи, які можуть бути використані для підсилення рекламного повідомлення.

## **1.2. Принципи створення 3D моделей**

3D-модель у своїй віртуальній природі може набувати різних форм і матеріалізуватися у різні способи залежно від потреб та призначення. Ось деякі з основних форм матеріалізації 3D-моделі:

2D-креслення. 3D-модель може бути перетворена у двовимірне креслення



або схему для подальшого використання у документації, макетах або ілюстраціях.

Рендеринг. Це процес перетворення тривимірної моделі у реалістичне зображення з використанням різних текстур, матеріалів та освітлення.

Анімація. З допомогою анімації 3D-модель може створювати рухомі зображення або відеоролики, що дозволяє показати різні аспекти та динаміку об'єкта.

Тривимірний друк (3-DP). Це процес виготовлення фізичних об'єктів на основі 3D-моделі, де об'єкт створюється шар за шаром за допомогою спеціального обладнання для тривимірного друку.

Швидке прототипування (RP). Використовується для виготовлення прототипів об'єктів або продуктів за допомогою 3D-моделі для подальшого тестування та вдосконалення.

Фрезерування (керування верстатами з ЧПУ за допомогою G-коду). Процес обробки матеріалу з використанням чисельного керування, де 3D-модель перетворюється на інструкції руху для верстата, що дозволяє виготовити об'єкт з більш жорстких матеріалів, ніж при тривимірному друку [13].

Етапи створення 3D-об'єктів містять у собі моделювання, текстурування, фактурування, анімацію та додаткові ефекти (висвітлення, гравітація, властивості атмосфери та ін.).

Так, моделювання у тривимірному просторі володіє різноманітними засобами та техніками для створення складних і різноманітних 3D-моделей та поверхонь, а саме:

1. Editable Mesh та Editable Poly (полігональне моделювання). Ці методи дозволяють редагувати вершини, ребра та грани полігонів моделі, що дозволяє створювати складні форми та структури з допомогою маніпуляцій з геометрією.
2. Editable Patch (моделювання порцій Безьє). Цей підхід використовує порції Безьє для створення гладких поверхонь з використанням

контрольних точок для керування формою та структурою.

3. NURBS (моделювання неоднорідних раціональних В-сплайнів). Це метод моделювання, який використовує неоднорідні раціональні В-сплайни для створення гладких та точних поверхонь, що дозволяє вищу точність та контроль над формою.

4. Моделювання на основі примітивів і модифікаторів. Використання базових геометричних примітивів, таких як куби, сфери, циліндри тощо, з подальшим застосуванням модифікаторів для формування та трансформації моделі.

Ще одним методом формування об'єктів у тривимірному моделюванні є технологія, що базується на об'єднанні двох або більше об'єктів для створення нового параметричного об'єкта, яку називають складеними об'єктами (compound objects). До цієї категорії належать булеві об'єкти, які формуються шляхом операцій над іншими об'єктами, такими як об'єднання, віднімання та перетин (Morph-об'єкти), а також об'єкти, що створюються за допомогою техніки лофтіngu (loft-об'єкти), де новий об'єкт формується шляхом з'єднання профілів.

Проте, з огляду на поширення технологій 3D-дисплеїв та 3D-принтерів, тривимірна графіка не обов'язково обмежується проектуванням на площину. Такі технології відкривають нові можливості для створення об'єктів у тривимірному просторі без необхідності обмеження їх проекцією на плоскість екрану.

Так як проектування це загальний процес, тому одним із етапів є дизайнерська робота як процесу надання об'ємним комп'ютерним моделям візуальних характеристик. Отже, дизайн – це процес і результат художньо-технічного проектування орієнтований на досягнення найповнішої відповідності створюваного об'єкта і середовища загалом [36].

Діяльність об'ємного комп'ютерного проектування включає кілька етапів, проте фахівці мають різні погляди на послідовність та зміст цих етапів. При роботі над тривимірною моделлю різні науковці пропонують свої алгоритми, які допомагають ефективно виконувати завдання з витратою меншого часу та

зусиль.

Наразі немає загальноприйнятої моделі чи послідовності етапів у процесі об'ємного комп'ютерного проектування, оскільки вона може залежати від конкретної галузі, типу проекту або індивідуальних підходів фахівців. Проте, деякі загальні етапи можуть включати аналіз завдання, збір вихідних даних, створення концепції, розробку тривимірної моделі, візуалізацію та аналіз результатів.

Усі ці етапи вимагають відповідної експертизи та використання спеціалізованих програмних засобів для створення, редагування та відображення об'єктів у тривимірному просторі. Важливо також пам'ятати про постійний розвиток технологій у цій галузі та активний обмін досвідом між фахівцями для пошуку найефективніших рішень у процесі об'ємного комп'ютерного проектування.

Як приклад, для галузі машинобудування науковці Р. М. Горбатюк, В. С. Федорейко та Ю.Я. Петрикович у своїх роботах [15; 16] описують покрокову роботу над створенням об'ємних твердотільних моделей.

Для реконструкції археологічних об'єктів І. О. Варич розглядає створення тривимірної моделі у такій послідовності: збір та опрацювання джерельної бази; вибір програмного забезпечення для реконструкції; побудова тривимірної моделі; розробка та застосування матеріалів; налаштування джерел освітлення та візуалізація сцени. Перший крок - це збір всієї необхідної інформації про археологічний об'єкт, включаючи архівні матеріали, фотографії, розміри, описи тощо. Ці дані допоможуть у подальшому створенні достовірної тривимірної моделі. Після збору інформації потрібно вибрати відповідне програмне забезпечення для реконструкції. Це може бути спеціалізоване програмне забезпечення для моделювання та рендерингу тривимірних об'єктів. Наступний крок - це створення самої тривимірної моделі археологічного об'єкта на основі зібраної інформації. Це може включати в себе моделювання будівель, рельєфу місцевості, артефактів тощо. Після побудови моделі необхідно надати їй відповідний зовнішній вигляд, використовуючи текстури, матеріали та колір. Це

дозволить зробити модель більш реалістичною та живою. Останній крок - це налаштування освітлення та візуалізація тривимірної сцени. Вірно налаштоване освітлення додасть об'ємності та реалізму моделі, а візуалізація дозволить переглядати об'єкт з різних кутів та в різних умовах освітлення. Ця послідовність дій дозволить створити якісну тривимірну модель археологічного об'єкта з урахуванням всіх його особливостей та деталей [11].

Цікавою є праця науковців В. М. Бакалнова та О. О. Баскова, які для моделювання від задуму до отримання кінцевого продукту запропонували наступний алгоритм: аналіз завдання; дослідження об'єктів; уявне розчленування моделі на прості складові геометричні тіла; моделювання (побудова об'єктів); текстурування (використання матеріалів); визначення властивостей поверхонь об'єктів для імітації реальних об'єктів (колір, фактура, прозорість, яскравість і ін.); освітлення (створення і розміщення джерел освітлення); анімація (створення руху) [6, с. 22].

Аналіз наведених вище та аналогічних робіт показав, що запропонована послідовність дій включає в одному переліку види діяльності (наприклад, моделювання, текстурування, анімація), загальні етапи інженерного проектування (аналіз завдання, дослідження об'єктів, вибір програмного забезпечення тощо), окремі дії, що визначаються функціональними можливостями комп'ютерних засобів (налаштування джерел світла та візуалізація сцени і т. п.).

Для побудови узагальнюючого алгоритму М. М. Ожга [27, с. 206] пропонує виділити характеристики об'єкту проектування (конструкторські особливості – конструкція, динаміка, зовнішній вигляд), етапи проектувальної діяльності (аналіз, моделювання, анімація, текстурування, візуалізація, оформлення документації), структурні та функціональні можливості сучасних графічних комп'ютерних технологій. На його думку, алгоритм побудови тривимірного зображення (анімованого відеокліпу) можна узагальнити і подати схемою (Рис. 1.2.1.)

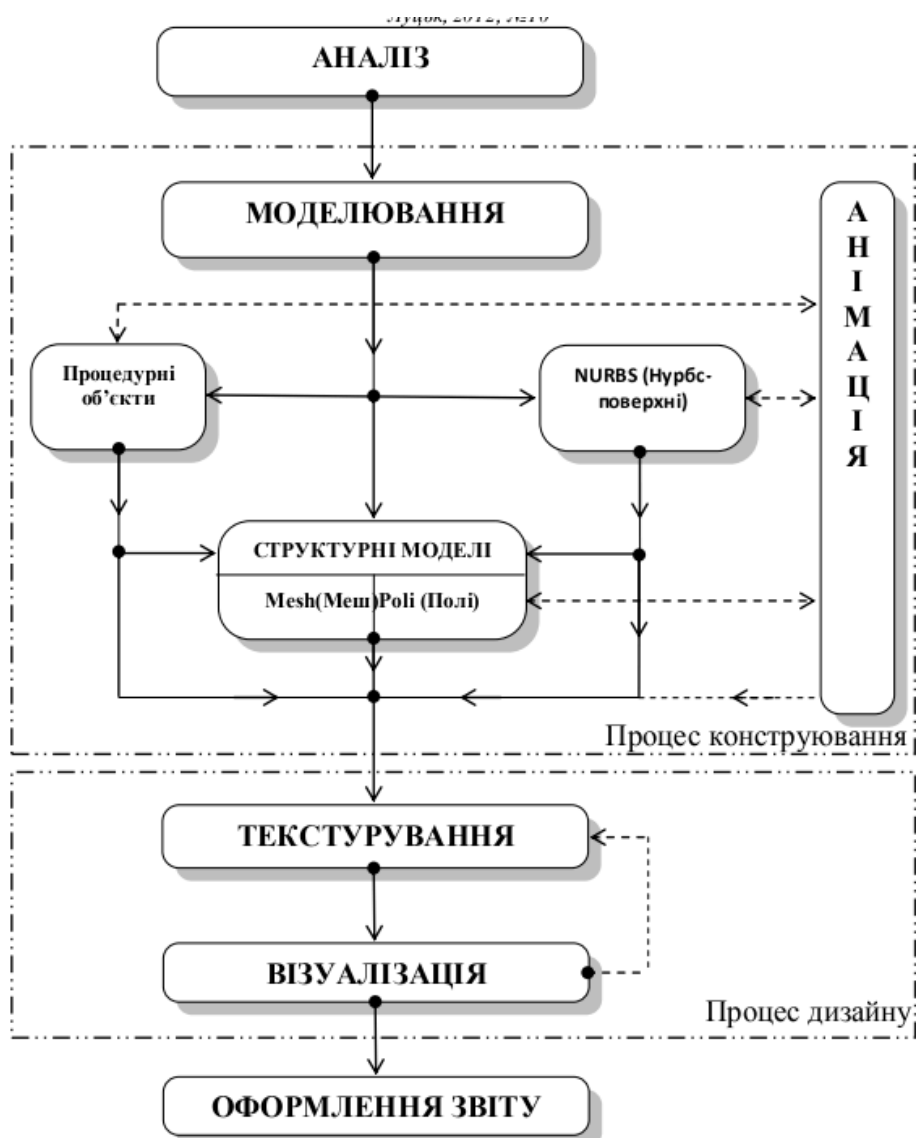


Рисунок 1.1. — Алгоритм об'ємного комп'ютерного проектування

Хід виконання проекту Ожга М. М. [27, с. 206] для ефективного моделювання від постановки завдання до отримання готового продукту пропонує використовувати комплексний алгоритм. Подібний алгоритм може включати наступні етапи: аналіз завдання, що передбачає вивчення вимог і визначення параметрів проекту; дослідження об'єктів, яке передбачає збір і аналіз вихідних даних; уявне розчленування моделі на прості складові геометричні тіла, що допомагає визначити загальну структуру моделі; моделювання, що включає побудову самого об'єкта з урахуванням його особливостей; текстурування, яке передбачає накладання текстур і використання матеріалів для досягнення потрібних властивостей об'єкту;

визначення властивостей поверхонь для імітації реальних об'єктів, що включає в себе роботу з колористикою, фактурою, прозорістю та іншими характеристиками; освітлення, яке передбачає створення і розміщення джерел освітлення для досягнення потрібного ефекту; анімація, яка включає створення руху об'єктів, який може бути важливим для відтворення динамічних сцен або процесів. Такий комплексний підхід дозволяє систематизувати роботу та забезпечити ефективний процес моделювання.

На етапі анімації надають рух існуючим моделям, або ж додають у сцену додаткові об'єкти (камери), і присвоюють їм рух по певних траєкторіях.

Етап текстурування характеризується тільки зміною зовнішнього вигляду поверхні попередньо створених моделей. Етап візуалізації характеризується розміщенням джерел світла, вибором ракурсу, створенням необхідних ефектів та налаштуванням камер. Завершальним є етап оформлення звіту з виконаної роботи. Також, на нашу думку, доцільним буде об'єднати дані етапи у дві групи – конструкторську (моделювання, анімація) та дизайнерську (текстурування, візуалізація). Так як при моделюванні та анімації використовуються інженерні знання та навички, а при текстуруванні та візуалізації – дизайнерські. Розглянемо кожен із запропонованих етапів.

Першим і одним із найважливіших етапів роботи над проектом є аналіз. Він включає в себе всебічне вивчення об'єкта, що моделюється, а також його особливостей і способів використання. Основна мета цього етапу - скласти уявний алгоритм усіх подальших дій та операцій. Успіх цього етапу значною мірою залежить від розвитку просторового мислення, здатності до абстрагування, конструкторських та дизайнерських навичок, а також знань про об'єкт проектування. Саме на етапі аналізу вирішуються такі питання, як вибір програмного забезпечення, тип моделей, інструменти для моделювання, текстури та механізми візуалізації.

Наступним етапом є моделювання, який зазвичай є найбільш тривалим у часі. Основний акцент на цьому етапі робиться на технічних аспектах моделювання. Наукова література, присвячена цій темі, часто висвітлює

технічні деталі і процедури, що може бути складним для розуміння початківцями. Основною особливістю цього етапу є визначення формоутворюючого елемента майбутньої моделі. Це той елемент, навколо якого будуть проводитися всі подальші операції перетворення та редагування. Від правильності визначення цього елемента залежить багато факторів, включаючи час, витрачений на моделювання.

Етап моделювання вимагає ретельного підходу до створення базової форми, яка буде поступово деталізуватися і перетворюватися у фінальну модель. Ефективне використання інструментів і методів моделювання значно впливає на якість і швидкість виконання проекту.

Після завершення етапу моделювання розпочинається етап деталізації. Це важливий етап, на якому додаються всі необхідні дрібні деталі та елементи, що роблять модель реалістичною. Деталізація включає додавання текстур, зміну матеріалів, нанесення освітлення та тіней, а також інші дрібні корективи, які допомагають створити високоякісну модель. Важливо зазначити, що процес деталізації вимагає значного часу та уваги до деталей, оскільки від цього залежить кінцева якість моделі.

Наступним етапом є текстурування, що включає нанесення текстур на поверхню моделі для надання їй реалістичного вигляду. Використання карт нормалей, карт шорсткості та інших технік допомагає створити ілюзію реальних матеріалів, таких як метал, дерево або тканина. Цей процес також включає налаштування кольорів, відблисків та інших параметрів, що впливають на зовнішній вигляд моделі. Текстурування є важливим етапом, який значною мірою визначає візуальну привабливість моделі.

Після текстурування розпочинається етап рендерингу, що включає створення фінальних зображень моделі з використанням освітлення та візуальних ефектів. Рендеринг дозволяє отримати реалістичні зображення, які можуть бути використані для презентацій, візуалізацій або інших цілей. На цьому етапі важливо правильно налаштувати освітлення, відблиски, тіні та інші ефекти, щоб досягти максимальної реалістичності моделі. Сучасні програми

для рендерингу дозволяють створювати високоякісні зображення з високою деталізацією та реалістичністю.

Крім основних етапів, важливою частиною процесу створення 3D моделей є їх анімація. Анімація дозволяє додати моделі рух та динаміку, що робить її більш живою та реалістичною. Використання спеціальних ефектів, таких як дим, вогонь або вода, додає додаткової реалістичності анімації. Процес анімації включає налаштування ключових кадрів, створення плавних переходів між ними та налаштування фізичних властивостей моделі.

Загалом, всі етапи створення 3D моделей вимагають значних зусиль та уваги до деталей. Кожен з них є важливим для досягнення кінцевої мети – створення високоякісної та реалістичної моделі. Використання сучасних програмних засобів та технологій дозволяє значно спростити цей процес та досягти високих результатів.

У випадку симетричних об'єктів, зручно моделювати лише одну половину і потім віддзеркалити її для отримання повної моделі. Якщо об'єкт симетричний відносно осі обертання, то операція обертання дозволяє зручно та ефективно побудувати модель.

Фахівець повинен визначити найбільш ефективний спосіб моделювання з урахуванням конкретних характеристик об'єкта та поставленої задачі. Вибір способу моделювання і типу моделей визначається на етапі планування та передбачає розуміння особливостей кожного типу.

Процедурні об'єкти, Poly (Полі), Mesh (Меш) та NURBS (Нурбс-поверхні) - це основні типи моделей, кожен з яких має свої переваги та особливості. Вибір конкретного типу залежить від потреб проекту та вимог до результуючої моделі. Уміле використання цих типів моделей дозволяє досягти оптимальних результатів при моделюванні об'єктів у тривимірному просторі (Рис. 1.2.).



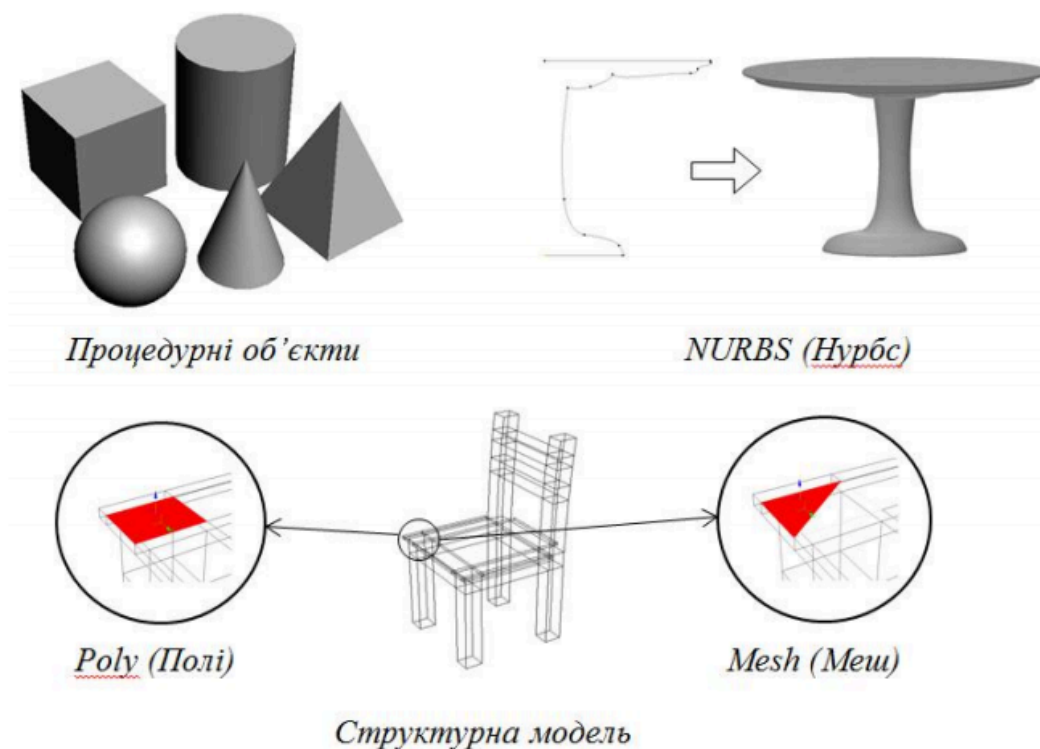


Рисунок 1.2. — Типи моделей

Процедурні об'єкти - це геометричні тіла, такі як сфери, куби, циліндри та інші, з відомою формою, що визначена заздалегідь. При створенні таких об'єктів, таких як циліндр, користувач задає параметри, такі як радіус і висота, а сама форма об'єкта залишається незмінною. Процедурні об'єкти можуть бути редаговані лише на рівні їх характеристичних параметрів.

Моделі типу Poly (Полі) представляють собою полігональну сітку, що складається з вершин, ребер та граней. Гладкість поверхні моделі залежить від щільності полігонів. Сітку Poly можна редагувати, переміщаючи, видаляючи та додавати грані, ребра та вершини у відповідних режимах редагування.

Mesh-моделі схожі на Poly-моделі, але базуються на трикутниках замість прямокутників. Обидва типи моделей редагуються схожими інструментами, але вони мають різну базову геометрію.

NURBS (Нурбс-поверхні) - це зовсім інший метод представлення форми моделі. Вони описуються за допомогою плавних кривих - Без'є-сплайнів або B-spline. Цей метод дозволяє зручно працювати з плавними поверхнями, такими як округлі та обертаються. Моделі NURBS мають власний набір інструментів

для редагування.

Основним завданням на етапі моделювання є вибір правильного способу створення моделей з урахуванням їх властивостей та характеристик. Робота на цьому етапі сприяє розвитку логічного мислення, просторової уяви та уміння маніпулювати об'єктами у тривимірному просторі.

Після моделювання настає етап анімації, де моделі надаються візуальних характеристик динаміки, додавання динаміки та інших аспектів, що відображають час як четвертий вимір [8]. Створення комп'ютерної анімації зазвичай включає вказання першого ключового кадру, який визначає початковий стан об'єкта чи сцени. Потім переходимо до іншого ключового кадру, де вже змінені параметри об'єкта чи сцени. Проміжні кадри автоматично обчислюються, і зміни між ключовими кадрами плавно анімуються.

Анімаційні ефекти також можна створювати за допомогою віртуальних камер. Вони фіксують все, що потрапляє в їх об'єктив, і можуть бути розміщені в тривимірній сцені будь-де, а їх рух може бути вільно налаштований. У відмінну від реальних камер, які обмежені технічними можливостями, віртуальні камери можуть відтворювати будь-які переміщення та траєкторії руху. Такі можливості дозволяють створювати різноманітні та захоплюючі ефекти в комп'ютерній анімації.

Анімація, хоч і не завжди обов'язкова, може бути важливою частиною роботи над сценою. У випадках, коли кінцевий продукт передбачає відеопредставлення, анімація стає необхідною. Робота на цьому етапі вимагає глибоких знань у фізичних процесах, розвиває уважність, мислення, просторову уяву та розуміння роботи об'єктів як окремо, так і у складному механізмі чи вузлі. Перехід від конструкторської роботи до дизайнерської включає роботу на етапі текстурування.

Текстурування — це процес, під час якого надаються моделям візуальні характеристики матеріалів. У реальному житті об'єкти мають характерний вигляд, який дозволяє нам впізнавати їх. Основна мета текстурування полягає у виборі характерних атрибутів, що однозначно ідентифікують модель. Моделі,

створені у тривимірних редакторах, можуть нагадувати кам'яні скульптури з однотонним кольором. Для надання їм фізичних властивостей, таких як колір, текстуру, прозорість, потрібно текстурувати об'єкти сцени. Матеріали у тривимірній графіці можуть бути різноманітними: дерево, метал, скло, пластмаса і т.д. Кожен матеріал визначається багатьма характеристиками, такими як матовість або глянцевість. Щоб їх описати, використовують числові значення параметрів (прозорість, розмір відблиску і т.д.).

Отже, текстура - це повна інформація про зовнішній вигляд об'єкта. Завершальним етапом роботи над об'ємним комп'ютерним проектом є візуалізація - процес отримання зображення моделі (сцени), яке раніше було недоступне для спостереження на етапі текстуровання [12].

Невдало виконана візуалізація може звести нанівець всі зусилля по моделюванню, освітленню і текстурованню. Саме тому візуалізації приділяють особливу увагу. В залежності від складності та величини сцени буде визначатися тривалість процесу прорахунку. На час візуалізації впливає велика кількість факторів, серед яких кількість використовуваних в сцені джерел освітлення, спосіб візуалізації тіней, складність полігональної структури об'єктів тощо.

Загалом, потрібно знати, що існують багато різних ефектів, за допомогою яких можна надати зображенню реалістичності та правдоподібності.

Візуалізація тривимірної сцени може мати безліч рішень, тому основною особливістю при роботі на етапі візуалізації буде досвід користувача. У випадку коли потрібно добитися високого рівня реалістичності, використовують зовнішні візуалізатори, вони дають кращі результати прорахунку.

Одним із основних параметрів створюваного зображення є розмір кадру. Його слід підбирати в залежності від подальшого призначення: для друку – більшим, для використання в Інтернет - мережі, навпаки – меншим.

Ці два етапи тісно пов'язані між собою, адже результат текстуровання ми можемо побачити після візуалізації. На рисунку 1.2. зворотній зв'язок між етапами текстуровання ми зобразили штриховою лінією, тому щоспершу

виконуючи процес візуалізації, потрібно встановити невеликий розмір кадру (зменшення часу візуалізації), якщо результат нас не задовольняє то повертаємось на етап текстурування і вносимо необхідні корективи.

Робота на дизайнерській групі етапів стимулює розвиток творчих та креативних здібностей. Відбувається ознайомлення з основними характеристиками фото та відео обладнання, що у свою чергу, розширює кругозір.

По завершенні роботи над проектом потрібно сформувавши звіт. Тут потрібно коротко описати процес виконання роботи на кожному із етапів проектування з додаванням зображень (графічних копій екрану) по ходу виконання проекту та вказівки для користування замовникові. Особливість цього етапу полягає у необхідності рефлексії – здатності усвідомити свої дії на кожному із етапів.

## РОЗДІЛ II.

### ТЕХНОЛОГІЯ СТВОРЕННЯ 3D МОДЕЛІ ТА АНІМАЦІЇ РОЛІКУ "SPACE JOURNEY"

#### **2.1. Аналіз програмного забезпечення для створення 3D моделі та анімаційного ролику**

Останні роки принесли значний прогрес у сфері тривимірного моделювання, перетворивши його зі складного процесу в доступну та захоплюючу діяльність. Сучасні програми не лише дозволяють створювати тривимірні об'єкти, але й надають можливість взаємодії з ними в режимі реального часу.

Застосування тривимірного моделювання стало дуже широким: від розробки симуляторів у різних галузях, таких як медицина, авіація та автомобілебудування, до створення віртуальних лабораторій та тренажерів. Особливий інтерес викликає застосування інтерактивних 3D-додатків у навчанні, де вони використовуються для лабораторних робіт та тренувань, дозволяючи студентам і фахівцям краще розуміти складні процеси та взаємодії.

Сучасні програмні засоби для тривимірного моделювання дуже різноманітні. Серед комерційних продуктів виділяються такі відомі системи, як Autodesk 3DSMax, Maya, Cinema 4D та інші. Вони надають широкий спектр інструментів для створення тривимірних моделей та анімації. Однак існують і безкоштовні або відкриті програми, такі як Blender, K-3D та Wings3D, які також дозволяють реалізувати творчі ідеї в тривимірному просторі.

Технологія тривимірного моделювання дозволяє не лише створювати зображення, а й використовувати їх для інтерактивної взаємодії та віртуального занурення. Це відкриває нові можливості для розваг, навчання та професійної підготовки [2]. Ці програми надають користувачам потужні інструменти для детального моделювання, текстурування, анімації та рендерингу.

Моделювання на основі стандартних об'єктів є основним методом

3D-моделювання і слугує відправною позицією для створення об'єктів складної структури, що зумовлено використанням примітивів у поєднанні елементарних частин як складних об'єктів. Кожен з них має набір параметрів, які однозначно визначають форму тривимірного тіла. Крім того, існують параметри, які керують точністю побудови. Кожен з параметрів може бути змінений так, що це миттєво відіб'ється на зовнішньому вигляді об'єкта у вікні редагування.

Важливим аспектом сучасного 3D-моделювання є інтеграція з технологіями доповненої та віртуальної реальності. Це дозволяє створювати інтерактивні та занурюючі середовища, які можна використовувати в освіті, тренуваннях, медицині, архітектурі та інших галузях. Наприклад, в архітектурі можна створювати віртуальні тури по ще не збудованих будинках, що дозволяє замовникам краще уявити кінцевий результат та внести корективи на ранніх стадіях проектування.

Крім того, автоматизація процесів моделювання та використання штучного інтелекту для оптимізації робочих процесів стають все більш популярними. Це дозволяє значно зменшити час та ресурси, необхідні для створення високоякісних моделей. Наприклад, алгоритми машинного навчання можуть використовуватися для автоматичного створення текстур або для оптимізації геометрії моделі, що робить процес моделювання більш ефективним та менш трудомістким.

Таким чином, тривимірне моделювання стає невід'ємною частиною сучасного проектування, надаючи нові інструменти та можливості для реалізації найсміливіших ідей та проектів. Використання цих технологій не тільки підвищує ефективність роботи, але й відкриває нові можливості для розвитку різних галузей, роблячи їх більш конкурентоспроможними на світовому ринку. З розвитком технологій тривимірного моделювання можна очікувати подальшого розширення їх застосувань та появи нових інноваційних рішень, які ще більше змінять підходи до проектування та візуалізації.

*Autodesk ArchiCAD* - програма для 2D- і 3D-проектування призначена для професійного створення деталізованих 2D-креслень з наступною їх

3D-візуалізацією. Прозорість об'єктів і шарів дозволяє управляти видом креслення для найкращої демонстрації авторського задуму, в відрізняє від 3DS Max, в якому заливка прозорості креслення встановлюється через додаткові текстури або монотонну сіру заливку.

Найбільш революційної з точки зору інтерфейсу і можливостей є програма *Maya*, розроблена консорціумом відомих компаній Alias, Wavefront, TDI.

Пакет існує в варіантах для різних операційних систем, в тому числі і Windows NT. Інструментарій *Maya* зведений в чотири групи: Animation (анімація), Modeling (моделювання), Dynamic (фізичне моделювання), Rendering (візуалізація). Зручний інтерфейс виконаний відповідно до сучасних вимог. На сьогоднішній день *Maya* є найбільш передовим пакетом в класі засобів створення і обробки тривимірної графіки для персональних комп'ютерів [46].

Наведенні професійні програмні продукти є надзвичайно функціональні, але мають значну вартість. Так, ліцензія на 1 копію 3DSMax коштує приблизно 5,5 тисяч у.о. Зрозуміло, що легальне використання подібних програмних продуктів у освіті є майже неможливим. Альтернативою є використання відкритого (безкоштовного) програмного забезпечення.

Значною популярністю в останній час користується безкоштовна програма Blender. *Blender* – вільний, професійний пакет для створення тривимірної комп'ютерної графіки, що включає в собі засоби моделювання, анімації, рендерінга (фінальної візуалізації), постобробки і монтажу відео зі звуком, компонування за допомогою «вузлів» (Node Compositing), а також створення інтерактивних ігор та додатків [43]. Перевагами пакету є безоплатність, малий розмір (менше 10 Мб!), висока швидкість рендерінгу, наявні версії для різних операційних систем. В даний час користується найбільшою популярністю серед безкоштовних 3D редакторів в зв'язку з його швидким і стабільним розвитком, якому сприяє професійна команда розробників open-source, тому є програмою з відкритим вихідним кодом, вільно розповсюджуваною і підтримуваною Blender Foundation [33]. По можливостям моделювання Blender не поступається своїм пропріетарним "старшим братам",

а за деякими параметрами – перевершує їх по функціональності. Кількість користувачів Blender налічує до 250000 чоловік по всьому світу, а підтримка розробників доступна практично у будь-якій точці планети. Багато користувачів опановують Blender за допомогою статей, створених іншими користувачами в Інтернеті. Інші використовують тематичні форуми, отримуючи інформацію під час спілкування.

Наведемо ще кілька програм з відкритим програмним кодом, які внаслідок легкості застосування будуть корисні насамперед тим, хто раніше не стикався зі створенням тривимірної графіки.

Autodesk 3ds Max (раніше відома як 3D Studio MAX) є повнофункціональною професійною програмною системою для створення та редагування тривимірної графіки та анімації, розробленою компанією Autodesk. Вона оснащена найсучаснішими інструментами для художників і фахівців у сфері мультимедіа. Програма працює на операційних системах Microsoft Windows та Windows NT (як у 32-бітових, так і в 64-бітових версіях). Навесні 2011 року була випущена чотирнадцята версія продукту під назвою «3ds Max 2012». Спочатку, програма 3D Studio Max від компанії Kinetix була розроблена для платформи Windows. Пакет 3D Studio MAX призначений для створення та обробки тривимірних зображень і динамічних сцен [17]. Autodesk 3ds Max (раніше відома як 3D Studio MAX) є повнофункціональною професійною програмною системою для створення та редагування тривимірної графіки і анімації, розробленою компанією Autodesk. Вона надає найсучасніші інструменти для художників і фахівців у сфері мультимедіа. Програма працює на операційних системах Microsoft Windows та Windows NT (як у 32-бітових, так і в 64-бітових версіях). У 2011 році була випущена чотирнадцята версія цього продукту під назвою «3ds Max 2012». Спочатку, програма 3D Studio Max від компанії Kinetix була розроблена для платформи Windows. Пакет 3D Studio MAX призначений для створення та обробки тривимірних зображень і динамічних сцен.

Хоча цей пакет вважається "напівпрофесійним", його можливостей



достатньо для розробки якісних тривимірних зображень. Відмінні риси пакету включають підтримку великої кількості апаратних прискорювачів тривимірної графіки, потужні світлові ефекти, і велику кількість додатків, створених сторонніми фірмами. Порівняльна невимогливість до апаратних ресурсів дозволяє працювати навіть на комп'ютерах середнього рівня. Однак, за засобами моделювання та анімації, 3D Studio Max поступається більш розвиненим програмним засобам.

У програмі 3D Studio MAX є засоби, що дозволяють імітувати дію на тривимірні об'єкти таких фізичних сил, як тяжіння, тертя або інерція, а також відтворювати результати зіткнень об'єктів. 3ds Max має значні можливості для створення різноманітних тривимірних моделей реальних чи фантастичних об'єктів навколишнього світу, використовуючи різні техніки і механізми, включаючи:

Полігональне моделювання, включаючи Editable mesh (редагована поверхня) і Editable poly (редагований полігон), є найпоширенішим методом для створення складних моделей і низькополігональних моделей для ігор. Цей підхід часто використовується для створення деталізованих об'єктів шляхом додавання, видалення та модифікації полігонів. Зазвичай, моделювання складних об'єктів розпочинається з побудови параметричного об'єкту "Box", що називається "Box modeling".

Моделювання на основі NURBS (неоднорідних раціональних B-сплайнів) використовує математичні криві та поверхні для створення гладких та точних форм. Цей метод особливо корисний для створення органічних об'єктів та поверхонь, які потребують високого рівня деталізації.

Моделювання на основі поверхонь Безьє (Editable patch) підходить для моделювання тіл обертання та інших геометричних форм, використовуючи криві Безьє для контролю над формою та структурою об'єкта.

Моделювання з використанням вбудованих бібліотек стандартних параметричних об'єктів і модифікаторів дозволяє швидко створювати та модифікувати базові форми і об'єкти за допомогою готових інструментів.

Ці методи моделювання можуть поєднуватися один з одним, щоб досягти більшої гнучкості та ефективності у процесі створення моделей. Наприклад, стандартні об'єкти часто є відправною точкою для створення складних структур, що поєднують примітиви.

Крім того, існують різноманітні програмні продукти для створення 3D-графіки, які відповідають різним потребам користувачів:

- K-3D: Програмний продукт, спрямований на використання в сучасному професійному кіно, насиченому тривимірною графікою. Він може розширюватися за рахунок додаткових плагінів, що дозволяє здійснювати весь цикл робіт з тривимірними об'єктами, від моделювання до анімації.

- 3D Editor: Програмний засіб, що дозволяє швидко створювати 3D-світи за лічені хвилини. Він включає велику бібліотеку моделей і деякі інструменти для моделювання, а його інтерфейс виконаний у стилі 3DS Max. Цей редактор зручно використовувати для створення невеликих моделей і ландшафтів, і його можна використовувати безкоштовно у некомерційних цілях.

- Now3D: Простий безкоштовний інструмент для створення 3D-графіки, який реалізує основні можливості створення 3D-зображень, включаючи моделювання та рейтрейсинг. Готову сцену можна візуалізувати, обравши потрібний розмір зображення.

- 3D Canvas: Ця програма дозволяє моделювати та анімувати сцени в реальному часі. Її інструменти для моделювання дозволяють деформувати 3D-об'єкти, розмальовувати їх або працювати з ними, як з глиною. Створення анімації також не є складною задачею за допомогою цього програмного засобу.

- Google SketchUp: Це перспективний безкоштовний програмний продукт від Google, який відзначається простим і зручним інтерфейсом та високою швидкістю [32].

Для створення інтерактивних 3D-додатків і подальшої обробки 3D-моделей можна використовувати різноманітні програми та середовища. Після створення моделей, їх необхідно підготувати для використання у додатках, де буде розроблятися "логіка" майбутнього 3D-світу, симулятора або лабораторної роботи. Цей процес відомий як "конвертація" формату і може здійснюватися вбудованими інструментами програм чи за допомогою сторонніх плагінів, які пропонуються розробниками програм для створення інтерактивних 3D-додатків. Окремі програми також дозволяють експортувати моделі разом з текстурами та анімацією, що застосована до моделей, що є дуже зручним у роботі.

Однією з основних проблем у цьому процесі є формат файлів. Сьогодні на ринку існує понад дві сотні продуктів для роботи з 3D-графікою, і кожен з них пропонує свій власний формат зберігання даних. Це може створювати проблеми з обміном даними між різними програмами та середовищами. Тому ініціативи некомерційного консорціуму Khronos Group, такі як формат COLLADA, стають надзвичайно корисними. COLLADA - це відкритий стандарт файлів для інтерактивних 3D-додатків, що базується на форматі XML. Використання стандартизованого формату дозволяє зручно обмінюватися даними між різними програмами та забезпечує більшу сумісність та зручність у роботі з 3D-моделями у різних середовищах [45]. Він може стати форматом «де-факто» 3D-моделювання, що в свою чергу прискорить розвиток 3D-індустрії в цілому.

Стрімкий розвиток інтерактивності віртуальних об'єктів у світі інформаційних технологій справді розпочався у 1994 році з виникнення технології VRML (Virtual Reality Modeling Language) консорціумом Web3D. VRML була мовою моделювання віртуальної реальності, розробленою для створення і демонстрації тривимірної інтерактивної векторної графіки, яка використовувалася у всесвітній павутині безпосередньо на веб-сторінках.

Після виходу VRML 2.0 у 1997 році, ця технологія досягла вершини популярності. Вона широко використовувалася на персональних сторінках та веб-сайтах, переважно для створення 3D-чатів та інтерактивних віртуальних

середовищ. VRML відіграла важливу роль у введенні тривимірної графіки до веб-простору та сприяла розвитку віртуальної реальності в цифровому середовищі.

Технологія VRML відкрила нові можливості для віртуальної взаємодії та спричинила подальший розвиток інтерактивних додатків та середовищ у світі веб-технологій. Хоча VRML не завжди зберегла свою популярність, вона залишила незабутній внесок у розвиток веб-графіки та інтерактивності [47].

Дійсно, хоча VRML залишається використовуваною і сьогодні, якість графіки та інтерактивність залишають бажати кращого. Це головним чином пов'язано з фінансовими проблемами компаній, що підтримують стандарт. Незважаючи на те, що VRML є відкритим стандартом і безкоштовним, він не отримав достатньої підтримки для подальшого розвитку після 1998 року.

Відсутність подальшої підтримки призвела до появи різних альтернативних форматів для веб-3D, таких як Ms Chrome, Adobe Atmosphere та Shockwave 3D. Однак жоден з них не залишився підтримуваним до сьогоднішнього дня, що створило певні труднощі у сфері веб-3D.

У зв'язку з цим, VRML Consortium перейшов до розвитку його нащадка - X3D. X3D є стандартом ISO для роботи з тривимірною графікою у реальному часі і включає в себе анімацію двовимірних персонажів. Хоча VRML не зберіг свою популярність, X3D намагається заповнити цей прогалину і просувається вперед у сфері веб-3D.

Для створення VRML-світу зазвичай створюється 3D-модель у програмі, такій як 3DS Max, а потім вона зберігається у форматі, придатному для VRML. Проте, проблема більшості інтерактивних 3D-технологій полягає у тому, що для їх перегляду, навігації та взаємодії з ними необхідно встановити спеціальні програми або плагіни. На щастя, існують кілька плагінів для браузерів, таких як Cortona3D Viewer та Octaga Player, які підтримують VRML.

Також існують інші програмні пакети, які можуть використовуватися для створення інтерактивних 3D-додатків. Один з них - Quest3D, який відзначається можливістю створення складних 3D-додатків без глибоких знань у програмуванні, що робить його ідеальним для використання в навчальних цілях [34].

Програма є пропрієтарною (вартість повної комерційної версії близько 2000 у.о., академічної ліцензії – близько 500 у.о.), але вона має унікальний підхід до розробки інтерактивних додатків, високу якість графіки, яка дозволяє імітувати будь-які об'єкти, що є навколо нас, включаючи навіть атмосферні явища (туман, дощ, сніг, різний час доби та ін.). Робота відбувається за допомогою спеціальних блок-схем, котрі значно прискорюють процес розробки додатків. У Quest3d представлена велика кількість різних функцій, які дозволяють використовувати практично всі необхідні технології для реалізації якісних інтерактивних 3D-додатків.

Ще однією особливістю даного програмного пакету можливість публікувати фінальний продукт не тільки на веб-сторінках, але й зберігати у вигляді окремого фінального .exe файлу (котрий здатний виконуватися), що виключає потребу встановлювати додаткові плагіни для перегляду 3D-моделей. Можливості графічної та інтерактивної частини Quest3D є дійсно вражаючими.

DX Studio дійсно відомий своєю здатністю надавати високоякісну 3D-інтерактивність за допомогою DirectX. Його безкоштовна версія, хоч і має обмежені можливості, все ще вражає своєю функціональністю і здатністю перевершити застарілу VRML-технологію. Така інтегрована платформа розробки дозволяє створювати різноманітні інтерактивні 3D-додатки з використанням технології DirectX.

Для тих, хто шукає безкоштовні альтернативи, варто звернути увагу на Blender. Це потужний безкоштовний програмний пакет з відкритим вихідним кодом, який включає в себе інструменти для моделювання, анімації, текстурування та інтерактивної розробки. Хоча Blender не спеціалізується на

інтерактивних 3D-додатках, він все ще надає широкі можливості для створення якісних тривимірних сцен та об'єктів.

Ще однією цікавою альтернативою є Godot Engine - інша безкоштовна платформа з відкритим вихідним кодом, яка надає інструменти для розробки ігор та інтерактивних додатків. Godot Engine має вбудовану підтримку 3D-графіки та інтерактивності, що робить його потенційною вибором для тих, хто шукає безкоштовне рішення для створення високоякісних 3D-інтерактивних додатків.

Хоча вибір безкоштовних програмних пакетів для реалізації якісної 3D-інтерактивності може бути обмеженим, такі альтернативи, як Blender та Godot Engine, все ще надають потужні інструменти для творчості та розробки [31].





За допомогою *DX Studio* можливо створювати інтерактивні додатки, які можуть використовуватися як самостійні програми (для цього їх достатньо зберегти у вигляді файлу EXE), або впроваджувати у додатки Ms Office/Visual Studio, зокрема у презентації PowerPoint, документи Word і т.ін., що важливо для використання у навчальному процесі.

У Закарпатському державному університеті йде розробка інтерактивних 3D-додатків з метою їх подальшого використання при проведенні лабораторних робіт для студентів різних форм навчання, причому особливо корисним проведення віртуальних лабораторних робіт у дистанційній формі навчання. Наприклад, розроблено інтерактивний 3D тренажер, що дає змогу студенту віртуально зібрати та розібрати персональний комп'ютер з наявних комплектуючих (центральний процесор, материнська плата, відеокарта, пам'ять та ін.). Моделі комплектуючих були виконані у програмі 3DS Max, а програмування логіки – за допомогою пакету DX Studio.

За даними сайту [tdt3d.com](http://tdt3d.com) [38] наведемо порівняльну характеристику трьох засобів для роботи з тривимірною графікою (Табл. 2.1)

Таблиця 2.1

Порівняльна характеристика найрозповсюдженіших засобів для тривимірного моделювання

Критерії	3ds Max	Maya	Blender	Archi CAD
Ціни	5000 € (є безкоштовна ліцензія для ЗВО)	2500 €	Безкоштовний	3000 € (є ліцензія зі знижкою для ЗВО)
Платформи				
Мови	Французька, англійська	Англійська	Багато, але краще англійська	Французька, англійська, російська
Інтерфейс	CAD стиль, чистий і потужний	Гнучкий і потужний, але не інтуїтивний	Перенавантажений, проте швидкий робочий процес	CAD стиль, чистий і потужний
Документація	Добре	Відмінно	Добре	Відмінно
Rendering	Внутрішній, mentalray	Внутрішній, mentalray	Внутрішній	Внутрішній, mentalray
Quality	Відмінно	Відмінно	Добре	Відмінно
Textures baker	Дуже добре	Дуже добре	Добре	Дуже добре
Animation tools	Дуже добре	Відмінно	Добре	Дуже добре
Uv tools	Дуже добре	Відмінно	Відмінно	Дуже добре
Painting	Ні	Дуже добре	Низький	Ні
Modeling	Відмінно	Дуже добре	Добре	Відмінно
Modifiers	Відмінно	Дуже добре	Добре	Відмінно
Nurbs	Низький	Дуже добре	Низький	Низький
Динаміка / тверді тіла	Дуже добре	Відмінно	Дуже добре	Дуже добре
М'які тіла	Дуже добре	Дуже добре	Добре	Дуже добре
Волоски	Дуже добре	Дуже добре	Добре	Дуже добре
Полотна	Дуже добре	Дуже добре	Добре	Дуже добре
Частинки	Відмінно	Дуже добре	Добре	Відмінно
Рідини	Ні	Дуже добре	Дуже добре	Ні
Compositing	Ні	Ні	Так	Ні
CG shader / Games	Відмінно	Відмінно	Так	Відмінно

Вимогливість до ресурсів: всі програми тривимірної графіки в тій чи іншій мірі вимогливі до ресурсів комп'ютера і вимоги зростають разом із завданнями, поставленими перед програмою. Для рендеринга високополігональні сцен з великою кількістю об'єктів і ефектів необхідні високопродуктивні процесори з найсучаснішими відеокартами і великою кількістю оперативної пам'яті, інакше обробка окремих кадрів може зайняти кілька годин, а коротка анімація до декількох днів. Для даної роботи рекомендовані системні вимоги можна вважати показником, так як робота ведеться з низькополігональними моделями і ресурсів вони вимагають значно менше. Проте, плавність роботи програми і інтерфейсу дуже важлива для зручної і швидкої роботи. Проаналізувавши особливості, недоліки та переваги найбільш популярних програм тривимірного моделювання, для реалізації даного проекту була обрана "Autodesk 3D Max", як найбільш оптимальне рішення, що поєднує в собі великі можливості полігонального моделювання, відносно легкість вивчення, доступність навчальних матеріалів, зручність інтерфейсу. Так само важливо, що "Autodesk 3D Max", надає всі свої можливості безкоштовно.

*ArchiCAD* - спеціалізований засіб для тривимірного будівельного проектування. На відміну від інших CAD-систем, написаних для інженерів, а пізніше адаптованих для архітектури, програма *ArchiCAD* із самого початку була розроблена для вирішення винятково архітектурних завдань. У результаті такої вузької спеціалізації програми, архітектори отримали можливість працювати в інтуїтивному середовищі з дуже простим для вивчення інтерфейсом і звичним для архітектора інструментарієм.

*ArchiCAD* був розроблений і блискуче удосконалюється відповідно до концепції віртуального будівництва, вперше сформульованою і застосованою *Graphisoft*, компанією-розробником програми. Завдяки цьому, архітектор і дизайнер працюють в *ArchiCAD* не над окремими кресленнями, як це відбувається у більшості інших CAD-програм, а з віртуальною тривимірною моделлю будинку. Ця модель містить усю необхідну інформацію про майбутній



об'єкт, включаючи поверхові плани, фасади, розрізи, кошторисну документацію, дані про склад і характеристики приміщень, специфікації матеріалів і виробів, використаних у проекті.

Система ArchiCAD — перша з відносно недорогих архітектурних САПР, що претендує на комплексне вирішення архітектурних завдань. Вона дозволяє в одному файлі інтегрувати дані, зрозумілі як професіоналу-будівельнику, так і покупцю. Ця особливість дозволяє архітектору — користувачу ArchiCAD заощадити свій робочий час і значну частину коштів свого клієнта і допомагає уникнути можливих конфліктів ще до їхнього виникнення.

ArchiCAD дозволяє на будь-якому етапі роботи над проектом подивитись на нього у тривимірному вигляді, у розрізі, у перспективі: підібрати найбільш підходящі матеріали та обчислити їхню кількість. Можна створити відеоролик, зобразивши проект із прив'язкою до місцевості будівництва, провести замовника по об'єкту, зайшовши на кожний поверх та зазирнувши до кожної кімнати, а також обійти чи облетіти навколо об'єкту.

У процесі створення моделі ArchiCAD відслідковує всі компоненти будівлі та керує тривимірною інформацією. На будь-якому етапі проектування можна зробити запит до ArchiCAD, щоб виділити будь-яку секцію, показати вигляд збоку або перспективу, а також створити поточний перелік будівельних матеріалів. Кожну секцію будинку на плані можна зобразити в розрізі, що дозволяє встановити правильне співвідношення між зовнішньою і внутрішньою частинами будівлі. Крім того, переріз секції можна зобразити в реалістичному зафарбуванні [20].

З ArchiCAD можна легко створити необмежену кількість перспективних проєкцій. Щоб наочно показати будинок, можна використовувати фотографію реальної місцевості як фон, на якому буде розміщено сам будинок. Для цього в ArchiCAD передбачені функції, які дозволяють створити ефект сонячного світла, що залежить від часу доби, дати та географічної широти, а також додати тіні. Це дозволяє визначити, як буде освітлена будь-яка частина будинку у будь-який час доби, що допомагає оптимально розрахувати необхідну кількість

джерел світла при роботі над інтер'єром. Реалістичні зображення інтер'єру, створені з урахуванням різних джерел світла, таких як настільні лампи, люстри та точкові світильники, підвищують переконливість презентації проекту замовнику.

На будь-якій стадії проекту можна переглянути специфікацію використовуваних матеріалів. Вона враховує всі компоненти, що використовуються при будівництві, і включає такі параметри, як площа, об'єм, ціна тощо. Специфікація також може містити інформацію про виробника та трудовитрати на встановлення. Отримані дані можна експортувати у файли форматів електронних таблиць, баз даних і текстових редакторів, таких як Excel, dBase та Word [20].

За допомогою інструмента зонування можна позначити кімнати і зони будинку, такі як житлова площа, офіси, склади, допоміжні приміщення і так далі, усі що хочете. Площа й обсяг кожної зони обчислюються автоматично.

Висока якість побудови реалістичних зображень дозволяє використовувати дійсні будівельні матеріали, тіні, прозорі об'єкти і текстури поверхонь. Серед методів поліпшення якості зображення - згладжування країв, відображення світла та його розсіювання. Крім цього, можна розрахувати розмір тіні, що відкидається будинком, залежно від місця його розташування і часу доби [19].

ArchiCAD може створити анімаційний ролик, у якому можна зробити віртуальну подорож навколо й усередині будинку. Використовуючи спеціальне програмне й апаратне забезпечення, його можна записати на відеоплівку, накласти звук і т.д.

Використання засобів віртуальної реальності знадобиться не тільки для того, щоб переконати замовника, але й для того, щоб знайти і виправити можливі помилки конструювання не на стадії будівництва, а на стадії проектування. Анімаційні ролики досить компактні і пред'являють досить скромні вимоги до продуктивності комп'ютерів, тому їх можна програвати на домашніх комп'ютерах, переносити на дискетах і поширювати у мережі Internet.

Користувач ArchiCAD має повну і різноманітну інформацію про проект на будь-якому етапі його розробки:

при роботі над ескізом доступна детальна будівельна інформація (дані про точні розміри, площі і матеріали);

тривимірна перспектива будується автоматично на основі даних плану проекту;

будь-які зміни в кресленнях автоматично відображаються в конструкторській документації, що поповнюється в міру виконання проекту.

В ArchiCAD може змінюватися ступінь деталізації креслень в залежності від вибраного масштабу. Наприклад, відповідно до масштабу креслення, двері та вікна на плані можуть бути зображені схематично або з усіма деталями.

## **2.2. Опис технології моделювання та створення анімації для роліку "Space Journey"**

Однією з основних тенденцій у сучасному проектуванні є перехід від двовимірного креслення до тривимірного моделювання. Впровадження сучасних систем 3D-проективання є стратегічно важливим кроком, який значною мірою впливає на розвиток проектних організацій, відповідаючи на сучасні потреби різних галузей. Завдяки засобам тривимірної графіки можна здійснювати проектування та створювати фотореалістичні зображення, які майже не відрізняються від реальних об'єктів. Це дозволяє розглядати об'єкти з різних кутів, виконувати складні проекти, що значно економить матеріальні, часові та інтелектуальні ресурси.

Сучасні системи тривимірного комп'ютерного проектування актуальні тим, що дозволяють не лише створювати віртуальні об'єкти та 3D-зображення, а й втілювати їх у реальність за допомогою технологій 3D-друку. Крім того, ці системи дають можливість моделювати віртуальну реальність або розробляти

комп'ютерні ігрові геймплеї. Це сприяє великій популярності комп'ютерних графічних технологій та їх широкому застосуванню в різних сферах діяльності людини: інженерії, освіті, мистецтві, архітектурі, дизайні тощо. Методи роботи з програмним забезпеченням тривимірного моделювання викладені в працях Дж. Джонса, Д. Банаха, Т. Бордмена, Г. Грехама, М. Джамбруно й ін. Опосередковано тема тривимірного моделювання як інструменту розглядається в публікаціях О. Боднара, О. Бойчука, В. Даниленка, В. Мироненка. Також технологічні можливості та проблеми комп'ютерної графіки досліджували Д. Кожушко, О. Шевченко, Т. Басюк, І. Малякова, Д. Калина та ін.

Основна частина роботи була зроблена у Blender 3D [1], а фінальна сцена була доопрацьована в After Effects. У якості ідеї анімаційного ролику було покладено зациклену анімацію польоту ракети на тлі барвистого космосу. Розпочато роботу було з фону, створення та анімації зірок, анімації хмар у 3D.

Розпочато роботу було з фону, створення зірок та хмар (Рис. 2.1) та їхньої анімації у 3D.

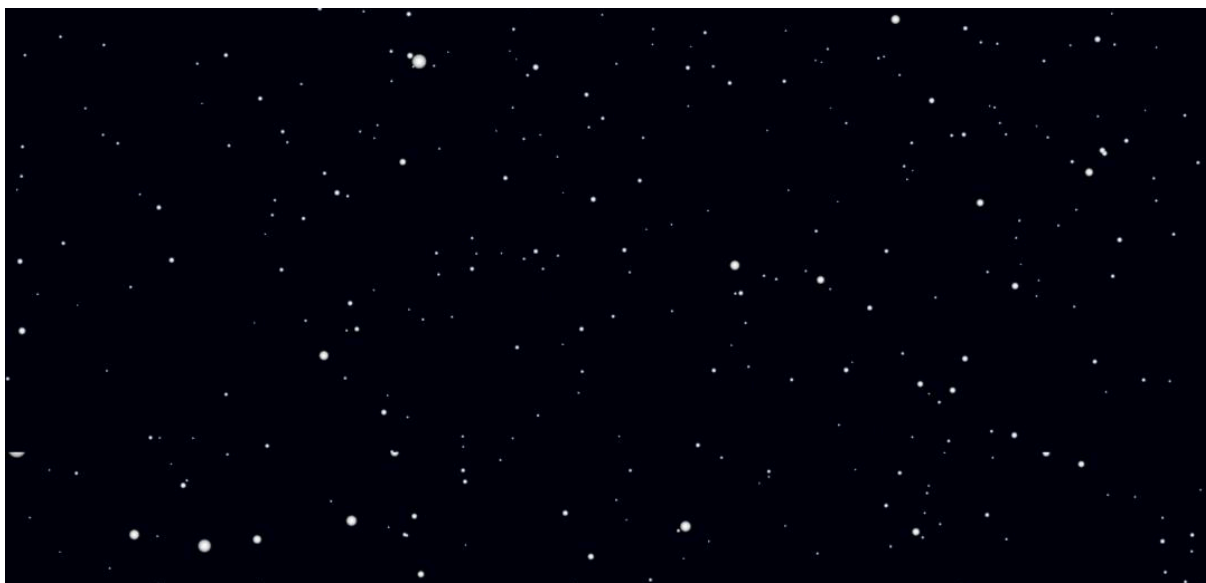


Рисунок 2.1. — Створення зірок та базового фону у 2д

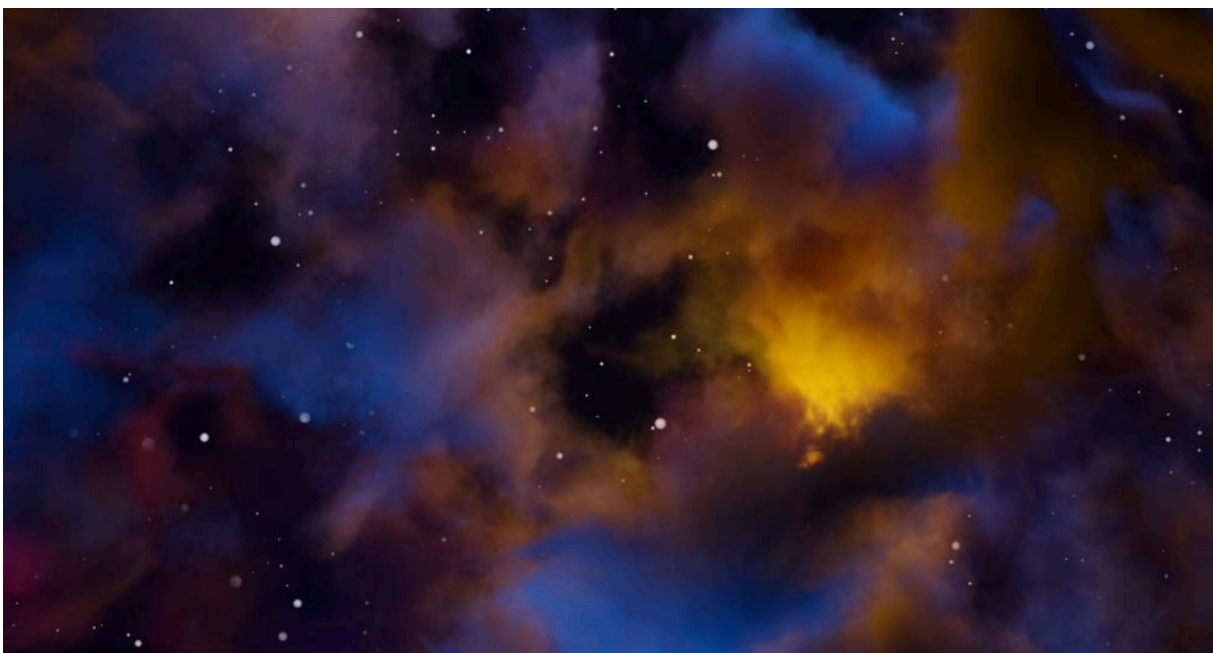


Рисунок 2.2. — Додавання на фон хмар у програмі Blender 3D

На наступному етапі було додано хмари для космічного середовища. Для цього було створено основу для хмари не за допомогою UV сфера за допомогою метаболів, розміщуючи їх вручну. Додаємо метабол, Shift+A → Metaball → Ball потім дублюємо його Shift+D і переміщаємо в потрібне місце G, повторюємо дублювання до тих пір, поки не отримаємо потрібний результат.

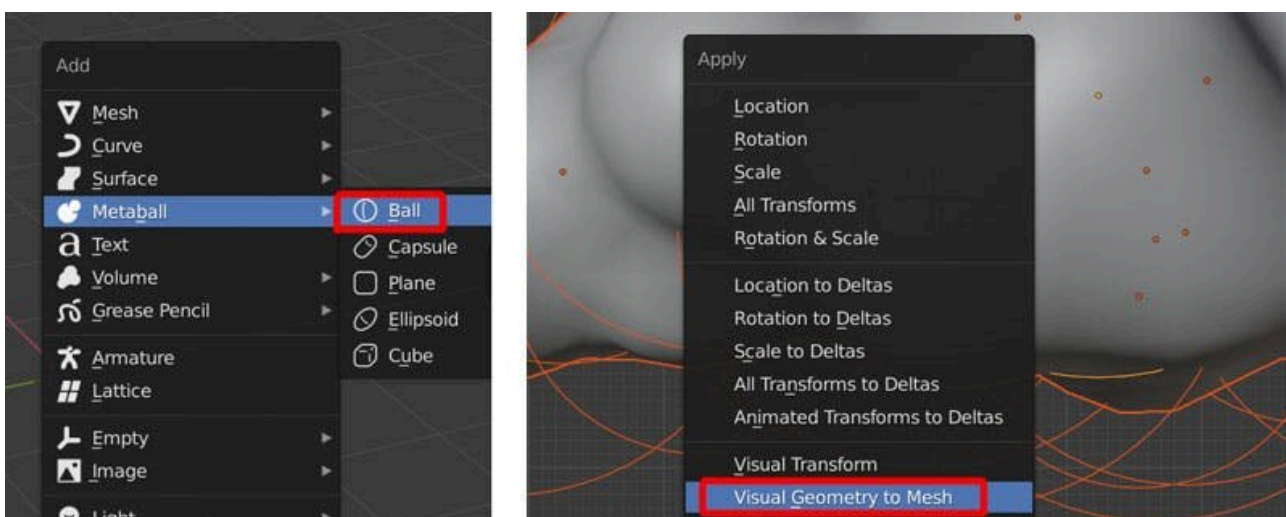


Рисунок 2.3. — Створення Metaball

Потім виділяємо всі об'єкти і перетворюємо їх в один об'єкт, Ctrl+A → Visual Geometry to Mesh

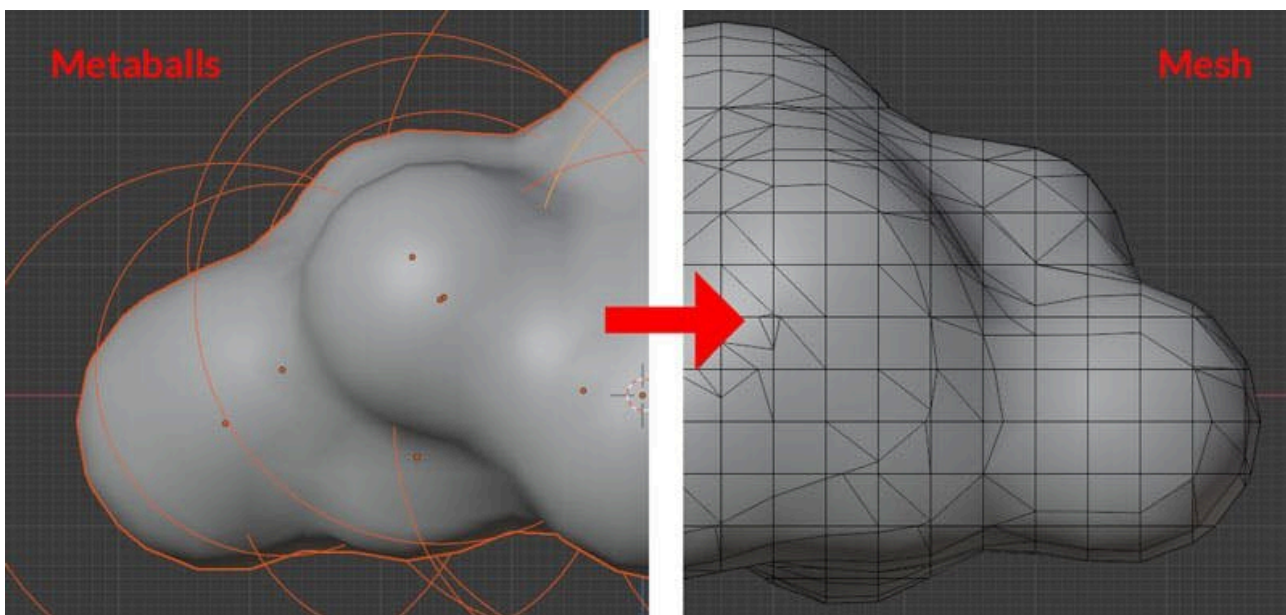


Рисунок 2.4. — Visual Geometry to Mesh

Після того як створили основу для хмари, додаємо в сцену пустушку для надання об'єму Shift+A → Volume → Empty

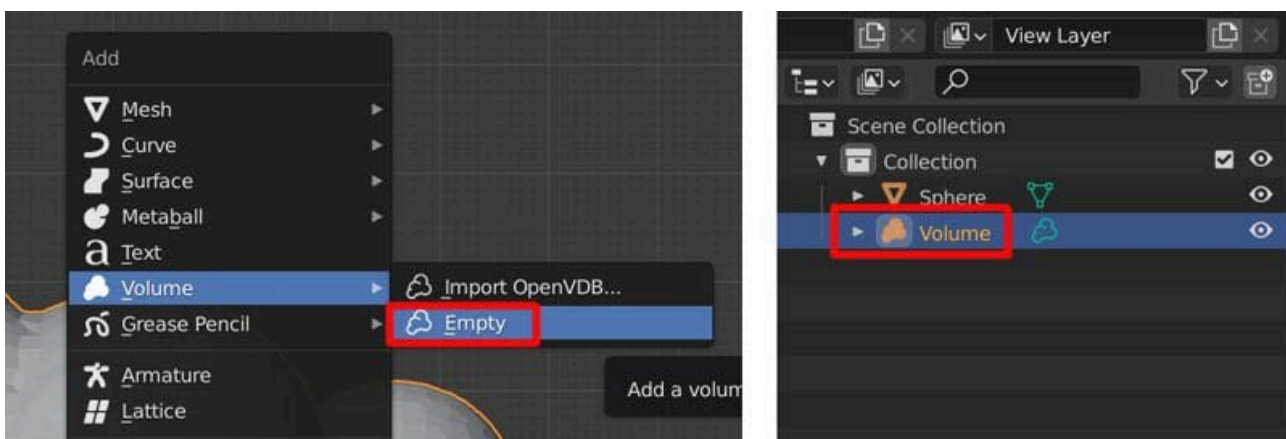


Рисунок 2.5. — Надання об'єму

У вікні 3D-вигляду ви не помітите жодних змін, але у вікні аутлайнера з'явиться значення Volume. У вікні властивостей Properties додаємо модифікатор Mash to Volume та вибираємо наш об'єкт.

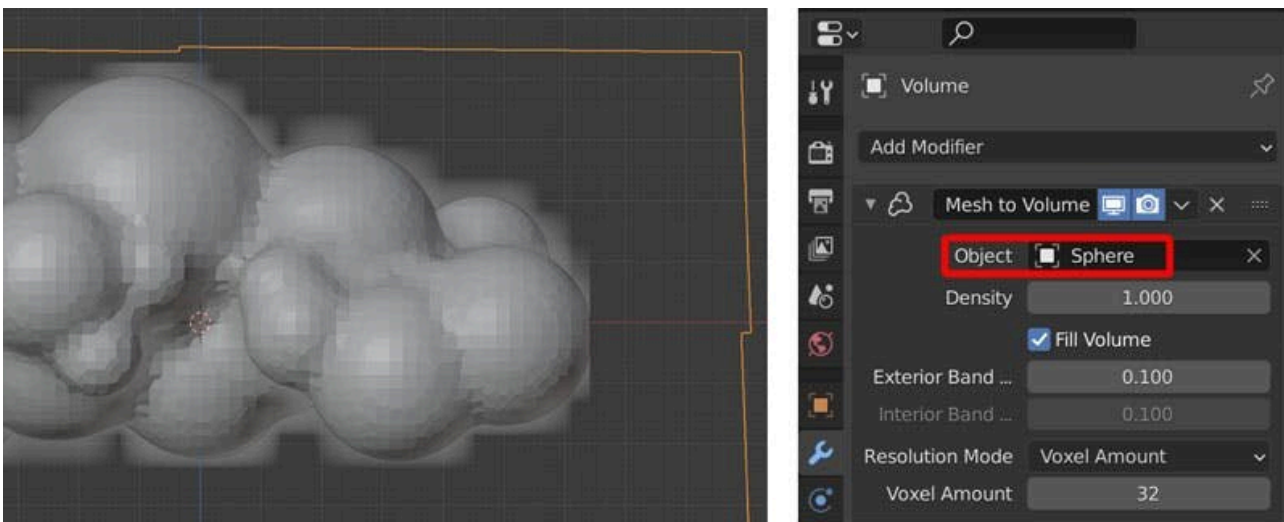


Рисунок 2.6. — Модифікатор

В аутлайнері виключимо видимість самої сфери, щоб бачити лише об'єм. Якщо немає на панелі значка глобального вигляду, у вигляді фотоапарата, то зайдіть у фільтри (значок у вигляді лійки трохи виши) і активуйте в ньому значок глобального вигляду, та й інші можна також.

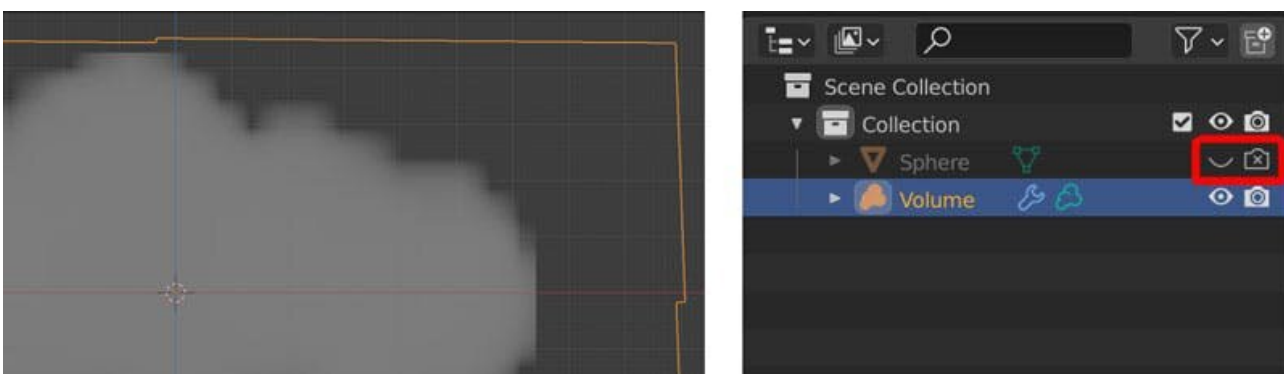


Рисунок 2.7. — Вимкнення видимості сфери

Тепер перейдемо в рендер Cycles клавiші Z+8, і на закладці світу у вікні властивості поставимо фон неба, або завантажте HDRI текстуру, або активуйте попередньо небо, натисніть на жовту точку поряд з меню Color і виберіть Sky Texture. Знизу можна підсвітити наші хмари, додавши бліки та рефлекси до 3D сцени. У налаштуваннях модифікатора значення Voxel Amount відповідає за якості хмар, але, відповідно, значно забирає ресурси комп'ютера.

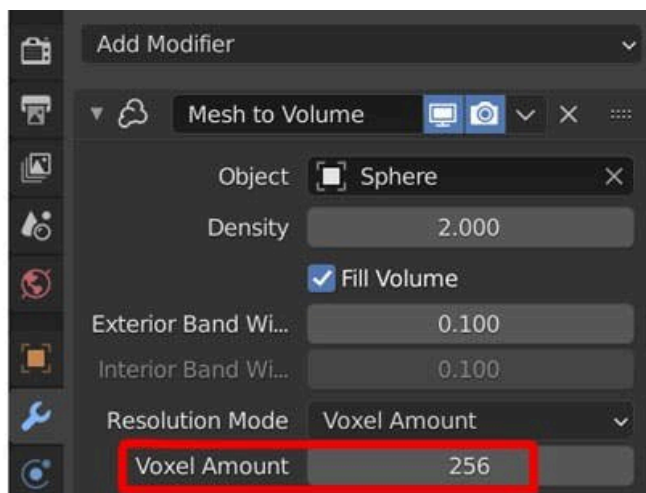


Рисунок 2.8. — Voxel Amount

Для надання пухнстї хмарам, додамо текстуру, для цього додамо модифікатор Volume Displace. Перейдемо в редактор текстур, натиснувши на значок Properties поруч зі словами Texture і у вікні виберемо текстуру Clouds, розмір вкажемо 0,5. повернемося у вікно модифікатора та збільшимо значення Strength до 2.0000

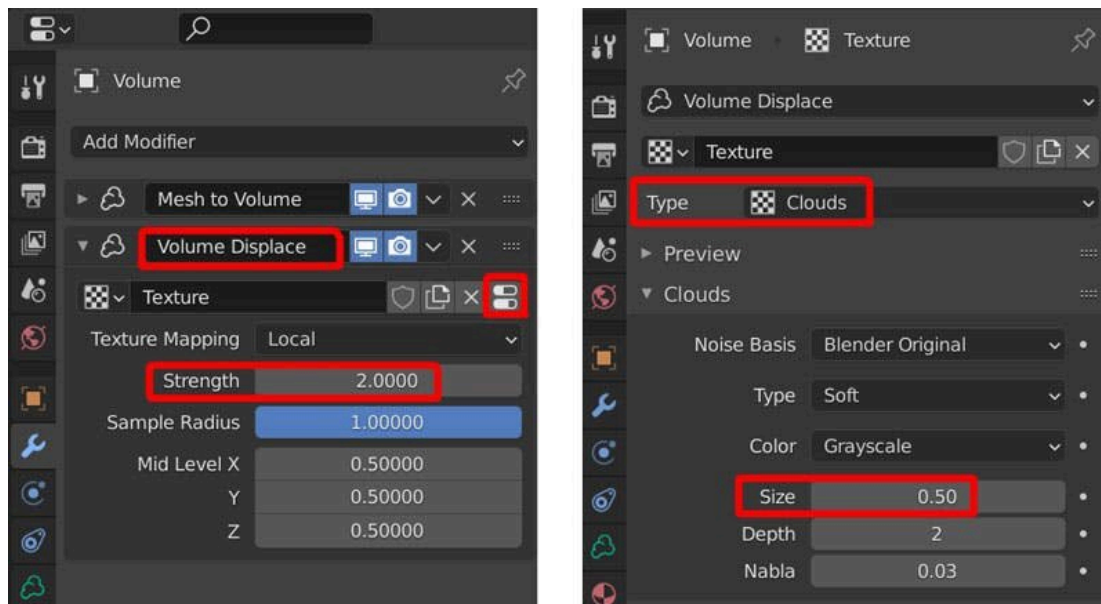


Рисунок 2.9. — Модифікатор Volume Displace

Змінюючи значення щільності Density і розміру Syze можна досягти потрібного результату.



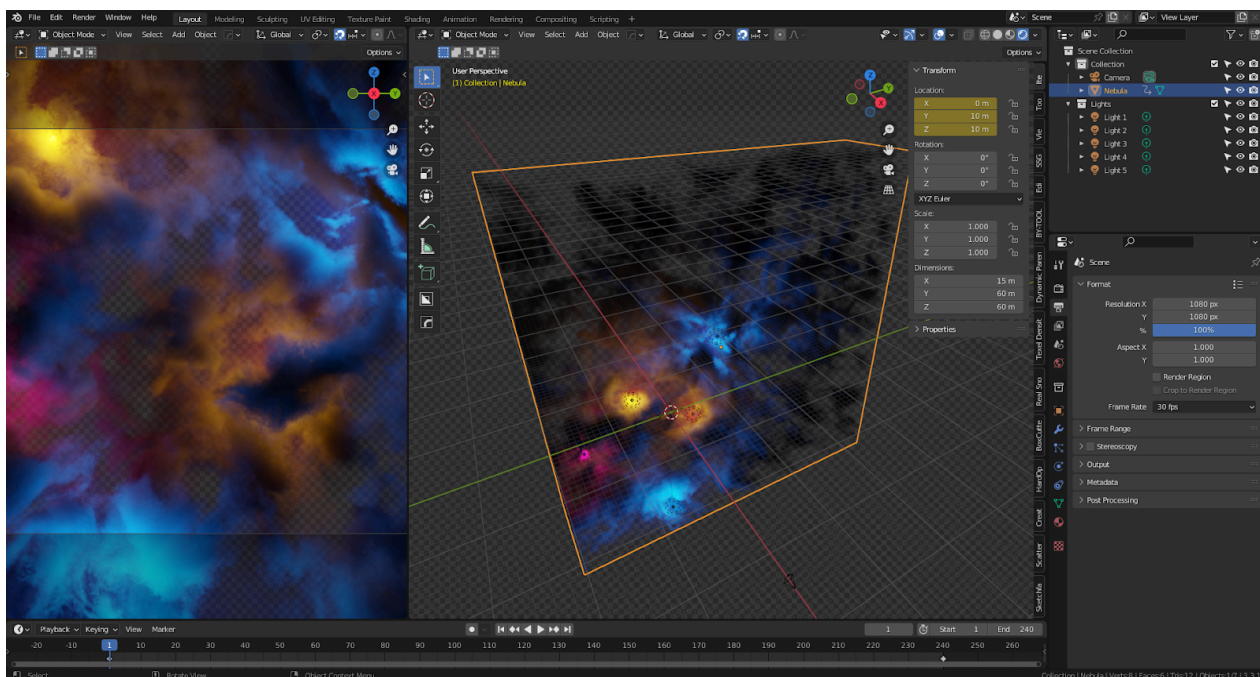


Рисунок 2.10. — Сцена з хмарами та зірками у 3D у програмі Blender 3D

Ракету було створено за референсами (Рис. 1.б) із примітивних 3d об'єктів, згодом додаючи більше деталей та металеві матеріали.

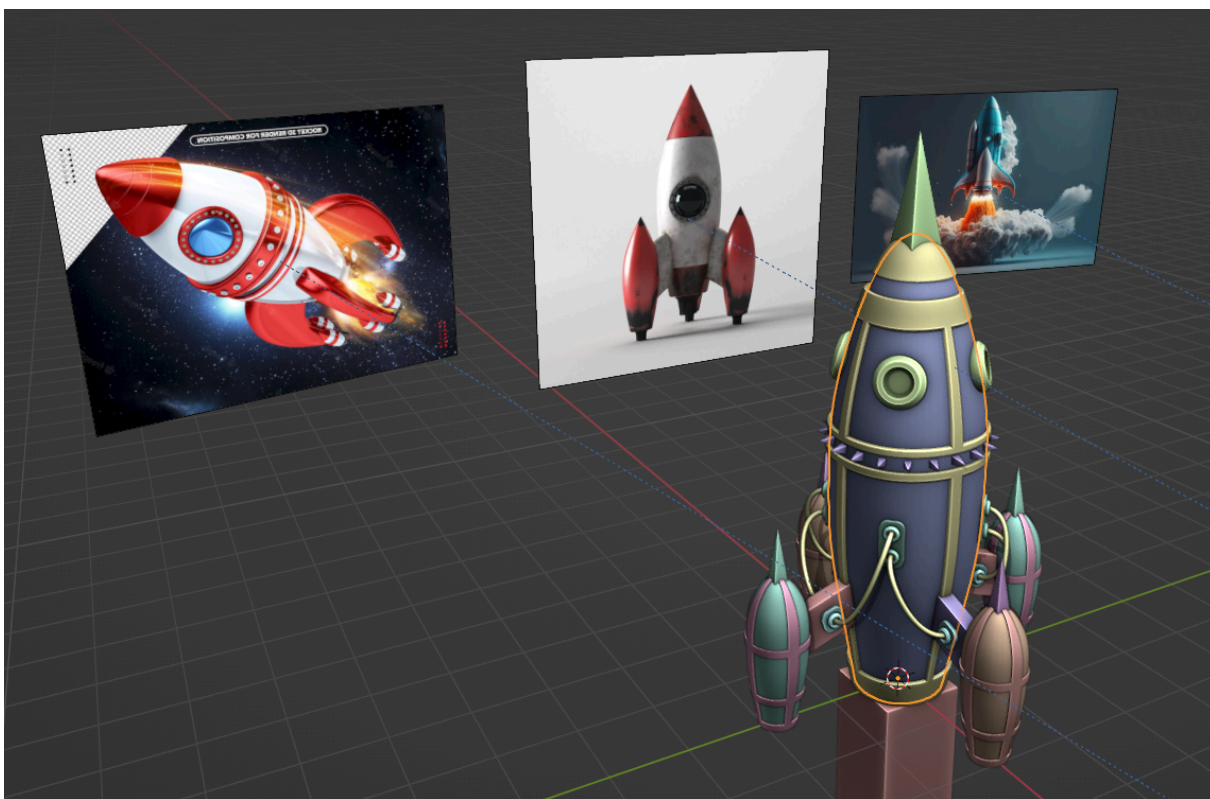


Рисунок 2.11. — Референси для моделювання ракети та ракета у просторі у програмі Blender 3D

Наприклад (Рис. 1.а) наведено налаштування металевого червоного матеріалу, який виступає основним кольором.

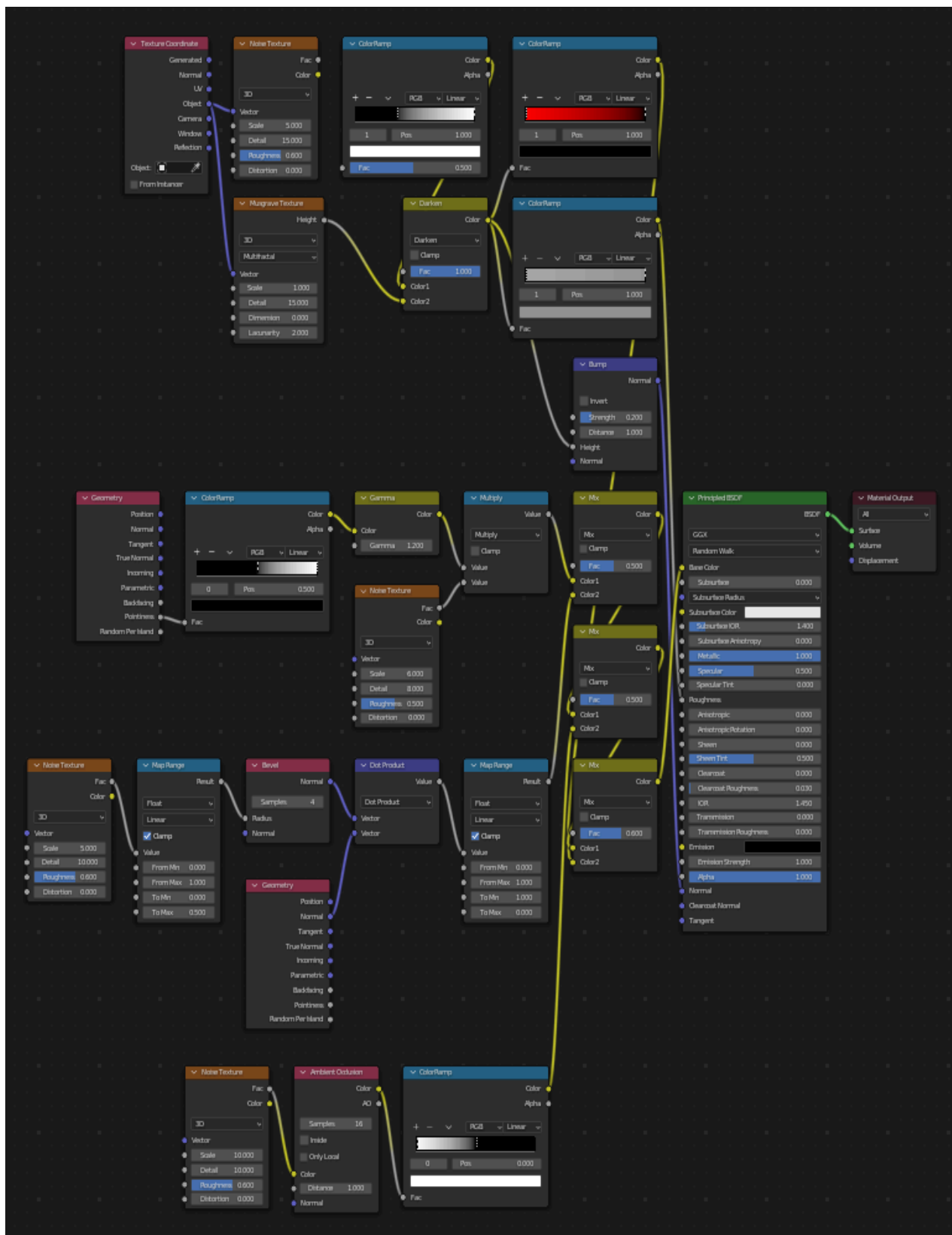


Рисунок 2.12. — Налаштування металевого червоного матеріалу у програмі Blender 3D



а)

б)

Рисунок 2.13. — Додавання в композицію ракети (а), яка була створена з примітивів у Blender, та додавання вогню (б)

Далі додаємо у композицію вогонь позаду ракети, який анімовано окремо від ракети. На наступному етапі була здійснена анімація появи, обертання та зникнення самої ракети, а також додавання музичного супроводу. Наприкінці було додано освітлення та насиченість всієї сцени у After Effects. Ефекти до ракети та вогню, щоб вони виглядали більш яскравими.

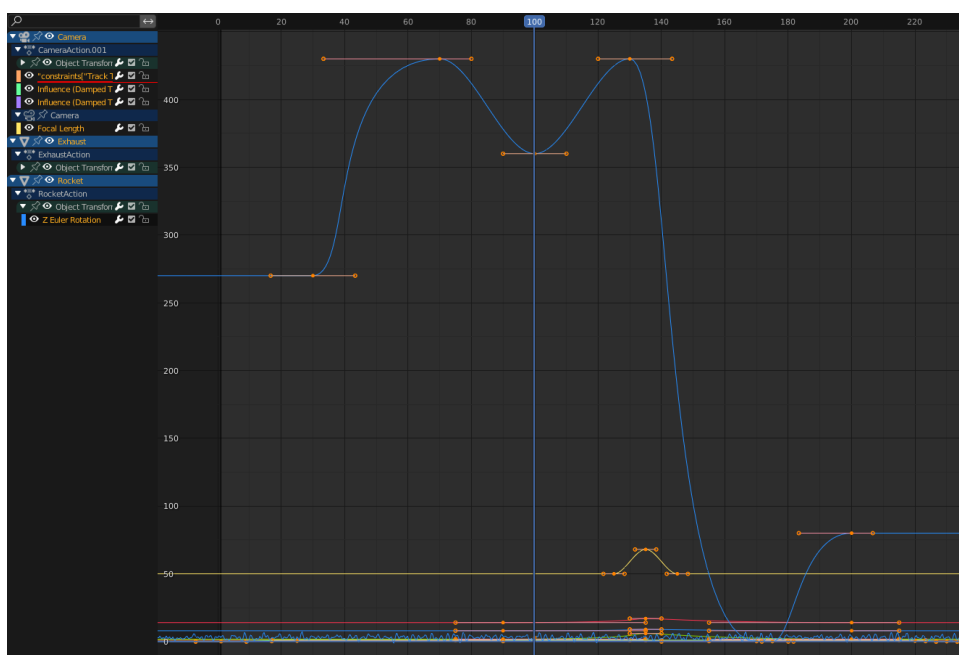


Рисунок 2.14. — Анімація ракети, вогню та камери у програмі Blender

## ВИСНОВКИ

Проведений аналіз наукових праць, спеціалізованої літератури та мережних джерел дав змогу ґрунтовно вивчити функції та цілі програмного забезпечення для створення 3D моделей. З'ясовано, що основними функціями таких програм є моделювання, текстурування, рендеринг та анімація тривимірних об'єктів.

Цілі використання варіюються від створення візуалізацій для індустрії розваг до застосувань у наукових та інженерних дослідженнях. 3D-моделювання знаходить застосування у багатьох галузях. У кіно та анімації ця технологія використовується для створення спецефектів та анімаційних фільмів, надаючи їм реалістичності та динамічності. У відеоіграх 3D-моделі є основою візуального середовища і персонажів, що дозволяє створювати захоплюючий ігровий досвід. Архітектори та дизайнери використовують 3D-моделі для візуалізації проектів перед їх реалізацією, що дозволяє побачити кінцевий результат ще на етапі планування. У медицині 3D-моделювання допомагає у створенні точних моделей органів для навчання та хірургічних симуляцій, що покращує якість медичної освіти та практики. Віртуальна та доповнена реальність також широко використовують 3D-моделі для створення реалістичних віртуальних середовищ та інтерактивних додатків, що надає користувачам нові можливості для занурення в цифровий світ.

Переваги 3D-моделювання включають можливість створення реалістичних об'єктів та середовищ, що дозволяє досягти високого рівня деталізації та візуальної якості. Гнучкість цієї технології проявляється у легкості зміни і редагування моделей без необхідності створення їх з нуля, що значно економить час і ресурси. Візуалізація проектів та ідей на ранніх етапах розробки допомагає краще розуміти і оцінювати кінцевий результат, що сприяє ефективнішому плануванню та виконанню. Інтерактивність 3D-моделей підтримує створення відеоігор та навчальних симуляцій, що робить навчання та розваги більш захоплюючими та ефективними.

Аналіз літератури дозволив виділити сучасні тенденції, такі як інтеграція

з VR/AR технологіями, автоматизація процесів моделювання та використання штучного інтелекту для оптимізації робочих процесів.

Проведено порівняння різних тривимірних графічних редакторів (Blender, Autodesk Maya, 3ds Max, Cinema 4D) з урахуванням критеріїв, таких як функціональність, інтерфейс, сумісність з іншими програмами, підтримка спільноти та навчальні ресурси. За результатами аналізу, обрано графічний редактор Blender, який відповідає визначеним вимогам, має відкритий вихідний код, активну спільноту користувачів та численні навчальні ресурси, що спрощує процес освоєння та використання програми.

Для забезпечення точності та реалістичності 3D моделі ракети, було зібрано референсні матеріали з різних джерел, включаючи технічну документацію, креслення, фотографії та схеми реальних ракет. Відібрані референси стали основою для моделювання, дозволяючи врахувати всі деталі та конструкційні особливості об'єкта, забезпечуючи високу якість кінцевого результату.

Процес створення 3D моделі ракети включав декілька ключових етапів:

- Підготовка концепції: визначення загальних параметрів та вимог до моделі, створення ескізів та попередніх креслень.
- Створення базової геометрії: побудова основних форм та структурних елементів ракети з використанням простих геометричних примітивів.
- Деталізація: додавання дрібних деталей, таких як елементи обшивки, заклепки, ілюмінатори та інші конструкційні компоненти.
- Текстурування: нанесення текстур для надання моделі реалістичного вигляду, використання карт нормалей, карт шорсткості та інших технік.
- Рендеринг: створення фінальних зображень моделі з використанням освітлення та візуальних ефектів для досягнення максимальної реалістичності.

Створена 3D модель ракети була анімована, що дозволило продемонструвати її у динаміці. Використання спеціальних ефектів, таких як дим та вогонь, додало реалістичності анімації.

Таким чином, всі поставлені завдання були виконані на високому рівні, що дозволило досягти мети дослідження та підтвердити початкову гіпотезу щодо доцільності використання обраних програмних засобів та методів для створення 3D моделей. Результати роботи можуть бути використані для подальших досліджень та розробок у сфері тривимірного моделювання та анімації.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. 3ds MAX. Матеріал з Вікіпедії URL : [http://uk.wikipedia.org/wiki/3ds MAX](http://uk.wikipedia.org/wiki/3ds_MAX)
2. Баженов В. А. Інформатика. Інформаційні технології в будівництві. Системи автоматизованого проектування: підручник. Київ : Каравела, 2004. 360 с.
3. Бакалова В. М., Баскова О. О. Алгоритм моделювання тривимірних об'єктів при викладанні курсу "Комп'ютерна графіка". *Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво : міжвуз. зб.* Луцьк, 2011. Вип. 6. С. 22-23.
4. Басюк Т. М. Проектування профілів відкритої системи візуалізації даних. *Збірник наукових праць Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України.* Київ : ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України, 2010. Вип. 54. С. 187-193.
5. Безклубенко С. Д. Телевізійне кино. Очерк теорії. Київ: Мистецтво, 1975. 277 с.
6. Безклубенко С. Д. Як робиться фільм (види і жанри) / С. Д. Безклубенко URL : [http://www.nbu.gov.ua/portal/Soc\\_Gum/Pk1/2009\\_25/Bezklubenko\\_S.D.pdf](http://www.nbu.gov.ua/portal/Soc_Gum/Pk1/2009_25/Bezklubenko_S.D.pdf)
7. Бондарець О. Основні стратегії створення 3D-моделей міст. URL: <http://gis-lab.info/qa/3dcities.html>
8. Варич І. О. Застосування методів комп'ютерного 3D моделювання для реконструкції археологічних об'єктів (на прикладі житла КЛСК). *Прикл. геом. та інж. графіка / Праці Тавр. держ. агротехнолог. ун-ту.* Мелітополь: ТДАТУ. Вип. 4, Т.54. 2012. С. 15-21.
9. Великий тлумачний словник АBBYYLingvo URL : <http://www.lingvo.ua/uk/Interpret/uk>
10. Вергунов С. В. Тривимірне моделювання у промисловому дизайні України кінця ХХ початку ХХІ ст.: автореф. дис. ... канд. мистецтвознавства Спец. 17.00.07 / С. В. Вергунов. Харків. 2010

11. Використання SketchUp 6 та ArcGIS 9.3 для створення 3D моделі міста з геоприв'язкою. URL : <http://gisinformo.blogspot.com/2010/02/sketchup-6-arcgis-93-3d-1.html>
12. Гаврилов В. П. 3D-графіка: навчальний посібник. Харків: ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2018. 135 с.
13. Гаврилятов П. В. Основные приемы работы с 3D-графикой. URL: <http://www.priytyki.net/osnovnyye-priemy-raboty-s-3d-grafikoj-2/>
14. Горбатюк Р. М., Петрикович Ю. Я. Формування вмінь і навичок у майбутніх інженерів-педагогів комп'ютерного профілю засобами інформаційно комунікаційних технологій. *Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво : міжвуз. зб.* Луцьк, 2012. Вип. 8. С. 128-203.
15. Горбатюк Р. М., Федорейко В. С. Застосування навчального програмного забезпечення у підготовці майбутніх учителів технології. *Збірник наукових праць Бердянського державного педагогічного університету (Педагогічні науки).* Бердянськ : БДПУ, 2011. № 3. 340 с.
16. Еволюція комп'ютерної графіки. ТСН. URL: [http://tsn.ua/special-projects/computer\\_graphics/](http://tsn.ua/special-projects/computer_graphics/)
17. Кожушко Д. Г. Методи та апаратні засоби нанесення текстур для синтезу зображень зворотним трасуванням у системах візуалізації : автореф. дис. ... канд. Техн. наук / Д. Г. Кожушко. Харк. нац. ун-т радіоелектроніки. Харків : ХНУРЕ, 2011. 19 с.
18. Коли з'явилася перша у світі комп'ютерна гра. Навколо Світу. URL: <https://vokrugsveta.ua/uk/vopros-otvet/kogda-poyavilas-pervaya-v-mire-komputernaya-igra-09-12-2021>.
19. Корнійчук А. В., Глібко О. А., Максимова М. О. Розробка та анімація тривимірної моделі персонажа для комп'ютерної гри. *Теорія та практика дизайну.* 2016. №. 10. С. 70-77.
20. Кравченко А. Роль тривимірної графіки і CGI в комп'ютерному дизайні. *Збірник тез X Всеукраїнської студентської науково-технічної*



- конференції „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання“. 2017. Т. 1. С. 58-59.
21. Ломовцев П. Б. 3D-моделювання персонажів з анімацією для ігрових проєктів. Частина 1. *Automation of Technological & Business Processes/Avtomatizaciâ Tehnologiceskih i Biznes-Processov*. 2022. Т. 14. №. 3.
22. Мазур І., Головатий Д. В. Використання інструментів Blender для створення тривимірних моделей в процесі вивченні дисципліни «3D моделювання». *матеріали VII Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції «Актуальні проблеми та перспективи технологічної і професійної освіти»*. 2023. С. 51-52
23. Ожга М. М. Алгоритм професійної діяльності з об'ємного гомп'ютерного проєктування як основа навчання систем тривимірного проєктування. *Науковий журнал "Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво"*. Луцьк, 2012. №10. с. 203-210
24. Осадча К. П., Чемерис Г. Ю. Добір засобів тривимірного моделювання для формування графічної компетентності майбутніх бакалаврів комп'ютерних наук. *Інформаційні технології і засоби навчання (Information Technologies and Learning Tools): електронне наукове фахове видання / Ін-т інформ. технологій і засобів навчання АПН України, Ун-т менеджменту освіти АПН України; гол. ред. В.Ю. Биков*. 2017. Т. 6, № 62. С. 70-85 DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v6i2i6.1713>
25. Офіційний сайт "LightWave" URL : <https://www.lightwave3d.com/>
26. Офіційний сайт компанії "Autodesk" URL : <http://www.autodesk.com/>
27. Офіційний сайт компанії "Maxon" URL : <https://www.maxon.net/en/cinema-4d>
28. Офіційний сайт продукту DX Studio URL : <http://www.dxstudio.com>.
29. Офіційний сайт продукту Google SketchUp URL : <http://sketchup.google.com/>
30. Пальчевський Б. О., Валецький Б., Вараніцький Т. Л. Системи 3d

- модельовання: навч. пос. Луцьк : ЛНТУ, 2016. 176 с.
31. Поліщук В. В., Вакалюк Т. А. 3D модельовання і візуалізація. 2017. 85 с.
  32. Порівняння програмних пакетів 3D графіки URL : [http://www.tdt3d.com/articles\\_viewer.php?art\\_id=99](http://www.tdt3d.com/articles_viewer.php?art_id=99)
  33. Пурський О., Гамалій В. Голографічні 3d вітрини як засіб візуалізації імітаційних моделей. *Електронне фахове наукове видання «Кібербезпека: освіта, наука, техніка»*. 2023. Т. 1. №. 21. С. 252-259.
  34. Чемерис Г. Ю. Аналіз засобів тривимірної графіки для навчання майбутніх бакалаврів з комп'ютерних наук. *Інформаційні технології в освіті та науці : Збірник наукових праць. Матеріали ІХ Всеукраїнської науково-практичної конференції (Мелітополь, 18-19 травня 2017)*. Мелітополь : Вид-во МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2017. № 1 (9). С. 283-287
  35. Чемерис Г. Ю. Тривимірне модельовання та гейм дизайн у професійній підготовці майбутнього дизайнера. *Комп'ютерні ігри та мультимедіа як інноваційний підхід до комунікації : Матеріали ІІ Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених, аспірантів та студентів*. Одеса, 29-30 вересня 2022 р. Одеса, Видавництво ОНТУ, 2022. С. 63-65  
URL: <https://card-file.ontu.edu.ua/handle/123456789/23485>
  36. Шевченко О. В. Комп'ютерні засоби у жанровій системі тележурналістики. *Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия "Филология. Социальные коммуникации"*. 2011. Т.24. №4. Ч.1. С. 116-120.
  37. Blender. Матеріал з Вікіпедії URL : <https://uk.wikipedia.org/wiki/Blender>
  38. COLLADA. Матеріал з Вікіпедії URL : <http://en.wikipedia.org/wiki/COLLADA>.
  39. Kompaniets A., Chemerys H., Krasheninnik I. Using 3D modelling in design training simulator with augmented reality. *Proceedings of the 2nd Student Workshop on Computer Science & Software Engineering (CS&SE@SW 2019)*. 2019. Vol. 2546. Pp. 213-223.

40. Official Autodesk Training Guide Learning Autodesk Maya. Autodesk, Inc. 2009
41. Petty J. What is 3D Modeling & What's It Used For? 2018. URL: <https://conceptartempire.com/what-is-3d-modeling/>
42. Riley T. What is 3D Modeling and Design? A Beginners Guide to 3D. 2019. URL: <https://marketscale.com/industries/building-management/what-is-3d-modeling-and-design-a-beginners-guide-to-3d/>
43. VRML Матеріал з Вікіпедії URL : <https://uk.wikipedia.org/wiki/VRML>
44. Wolf M. J. P. Encyclopedia of video games: The culture, technology, and art of gaming. Santa Barbara, Calif : Greenwood, 2012. 740 p.
45. Wyman C., Marrs A. Introduction to directx raytracing. *Ray Tracing Gems: High-Quality and Real-Time Rendering with DXR and Other APIs*. 2019. Pp. 21-47.

## ДОДАТКИ

## Додаток А.

## Демонстраційна графіка

