

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Факультет інформатики та обчислювальної техніки**

**Кафедра інформаційних систем та технологій**

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Олександр РОЛІК

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**Дипломний проєкт  
на здобуття ступеня бакалавра  
за освітньо-професійною програмою «Інформаційне забезпечення  
роботехнічних систем»  
спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології»  
на тему: «3D-модель майданчику для домашніх тварин»**

Виконала:

студентка IV курсу, групи ІК-91

Анчішкіна Анна Олексіївна \_\_\_\_\_

Керівник:

д.т.н., доцент кафедри ІСТ

Поліщук Михайло Миколайович \_\_\_\_\_

Рецензент:

старший викладач

Марченко Олена Іванівна \_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студентка \_\_\_\_\_

Київ – 2023 року

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**  
**Факультет інформатики та обчислювальної техніки**  
**Кафедра інформаційних систем та технологій**

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 126 «Інформаційні системи та технології»

Освітньо-професійна програма «Інформаційне забезпечення роботехнічних систем»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Олександр РОЛІК

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проєкт студенту**

**Анчішкій Анні Олексіївні**

1. Тема проєкту «3D-модель майданчику для домашніх тварин», керівник проєкту Поліщук Михайло Миколайович, д.т.н., доцент кафедри ІСТ, затверджені наказом по університету від «31» травня 2023 р. №2101-с.
2. Термін подання студентом проєкту: 19 червня 2023 року
3. Вихідні дані до проєкту: довідникова література про 3D-візуалізацію. 3D-об'єкти для створення 3D-вимірної моделі споруд майданчику для домашніх тварин.
4. Зміст пояснювальної записки:
  1. Введення. Огляд та дослідження існуючих проєктів по створенню майданчиків для домашніх тварин.
  2. Дослідження та аналіз програмних забезпечень для вітворення моделі.

3. Проектування 3D-моделі.
4. Оформлення пояснювальної записки.
5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): Схема рендерингу 3D-моделі (А3), налаштування матеріалів та кольору 3D-Моделі (А3), представлення 3D-Моделі у 2D просторі (А3), 3D-Моделі обладнання майданчику (А3).
6. Дата видачі завдання: 1 лютого 2023 року

#### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1.	Опрацювання теми проєкту	17.04.23 – 23.04.23	
2.	Ознайомлення з обраним завданням	24.04.23 – 30.04.23	
3.	Дослідження предметної області	01.05.23 – 07.05.23	
4.	Аналіз засобів реалізації	08.05.23 – 21.05.23	
5.	Розробка 3D-моделі	08.05.23 – 21.05.23	
6.	Оформлення документації	22.05.23 – 29.05.23	

Студент

Анна АНЧІШКІНА

Керівник

Михайло ПОЛІЩУК

## АНОТАЦІЯ

Анчішкіна А.О. 3D-модель майданчику для домашніх тварин. КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, 2023.

Проект містить чотири розділи, 47 рисунків, посилання на 15 літературних джерел, 4 графічні матеріали.

Об'єктом дослідження є процес 3D-конструювання майданчику для домашніх тварин. Предметом дослідження є 3D-модель майданчику для домашніх тварин.

Метою даного дипломного проекту є побудова візуальної моделі майданчику для домашніх тварин, який буде доступний та приємний для проведення часу не тільки для власників собак та їх улюбленців, а й також котів.

У процесі виконання дипломної роботи було успішно досягнуто поставленої мети - створення 3D-моделі майданчику для домашніх тварин. Цей майданчик забезпечує можливість зустрічей та взаємодії улюбленців з іншими тваринами, сприяючи їхньому соціальному розвитку та покращенню поведінки.

Оскільки домашні тварини потребують відповідного простору для фізичної активності та розваг, створений майданчик надає їм можливість безпечно гуляти та розгулюватися, зменшуючи ризик втечі або контакту з небезпечними предметами або рослинами.

Отримані результати дослідження є практично значущими для установ з тваринництва, власників домашніх тварин та дизайнерів, які працюють у цій галузі. 3D-модель майданчика є цінним інструментом, що дозволяє заздалегідь оцінити його зовнішній вигляд та функціональність. Вона допомагає уявити, як буде виглядати майданчик у реальності і забезпечує можливість внесення змін або вдосконалення проекту ще до його фізичної реалізації.

## SUMMARY

Anchishkina A.O. 3D model of a playground for pets. Igor Sikorsky KPI, Kyiv, 2023.

The project contains four chapters, 47 figures, references to 15 literary sources, 4 graphic materials.

The object of the study is the process of 3D design of a playground for domestic animals. The subject of the study is a 3D model of a playground for domestic animals.

The goal of this diploma project is to build a visual model of a playground for pets, which will be accessible and pleasant for spending time not only for dog owners and their pets, but also for cats.

In the process of completing the thesis, the goal was successfully achieved - the creation of a 3D model of the playground for pets. This playground provides an opportunity for pets to meet and interact with other animals, contributing to their social development and behavior improvement.

Since pets need adequate space for physical activity and entertainment, the created area provides them with the opportunity to safely walk and roam, reducing the risk of escape or contact with dangerous objects or plants.

The obtained results of the study are of practical significance for animal husbandry institutions, pet owners and designers working in this field. The 3D model of the site is a valuable tool that allows you to assess its appearance and functionality in advance. It helps to imagine what the site will look like in reality and provides an opportunity to make changes or improve the project even before its physical implementation.

Номер аркуша	Формат	Позначення	Найменування	Кільк. аркушів	Номер ескзем.	Примітка
1			<u>Документація загальна</u>			
2						
3			Знову розроблена			
4						
5	A4	ІК91.180БАК.002 ПЗ	Пояснювальна записка	69		
6	A3	ІК91.180БАК.002 Д1	3D-модель майданчику для домашніх тварин.	1		
7						
8			Схема рендерингу 3D-моделі.			
9	A3	ІК91.180БАК.002 Д2	3D-модель майданчику для домашніх тварин.	1		
10						
11			Налаштування матеріалів та кольору 3D-Моделі.			
12						
13	A3	ІК91.180БАК.002 Д3	3D-модель майданчику для домашніх тварин.	1		
14						
15			Представлення 3D-Моделі у 2D просторі.			
16						
17	A3	ІК91.180БАК.002 Д4	3D-модель майданчику для домашніх тварин. 3D-Моделі обладнання майданчику.	1		
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						

ІК91.180БАК.002 ТП

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Анчішкіна А.О.			3D-модель майданчику для домашніх тварин. Відомість проєкту	Літ.	Аркуш	Аркушів
Керівн.		Поліщук М.М.				Т	1	1
Затв.					КПІ ім. Ігоря Сікорського Група ІК-91			

**Пояснювальна записка  
до дипломного проєкту  
на тему: «3D-модель майданчику для домашніх  
тварин»**

Київ – 2023 року

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	4
1 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ПРОЄКТУ ТА ВИЗНАЧЕННЯ МЕТИ.....	6
1.1 Визначення об'єкту проєктування.....	6
1.2 Доцільність розроблення.....	7
1.3 Огляд існуючих аналогів.....	9
1.4 Висновки до розділу .....	12
2 АНАЛІЗ ЗАСОБІВ РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ	13
2.1 Характеристики обладнання для реалізації моделі .....	13
2.2 Аналіз та огляд редакторів для 3D-моделювання.....	16
2.3 Вибір методів моделювання та засобу реалізації проєкту.....	28
2.4 Висновки до розділу .....	33
3 АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ 3D-ВІЗУАЛІЗАЦІЇ.....	35
3.1 Планування процесу створення 3D-об'єктів .....	35
3.2 Налаштування робочої середовища обраного редактору .....	39
3.3 Висновки до розділу .....	44

				<b>ІК91.180БАК.002 ПЗ</b>							
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	3D-модель майданчику для домашніх тварин			Літ.	Арк.	Аркушів		
Розробив		<i>Анчішкіна А.О.</i>					Т		2	69	
Перевірив		<i>Поліщук М.М.</i>					КПІ ім. Ігоря Сікорського Група ІК-91				
Затв.											

4 РОЗРОБКА 3D-МОДЕЛІ МАЙДАНЧИКУ ДЛЯ ДОМАШНІХ ТВАРИН .....	46
4.1 Створення елементів споруд майданчику .....	46
4.2 Розробка повноцінної моделі проєкту .....	56
4.3 Рендерінг та візуалізація.....	60
4.4 Висновки до розділу .....	65
ВИСНОВКИ.....	66
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ МАТЕРІАЛІВ І ЛІТЕРАТУРИ.....	68

					ІК91.180БАК.002 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		3

## ВСТУП

Світ інформаційних технологій розвивається день за днем, що дає людям змогу отримувати доступ до будь-якої інформації, створювати та реалізувати нові методи концептуального і математиного моделювання процесів. Технології допомагають нам у кожному аспекті нашого життя та наближають уяву до реальності.

Найкращим прикладом цього є те, як 3D-моделювання змінило світ представлення архітектурних проєктів. Це як витягнути багатовимірні зображення зі свого мозку та намалювати їх на папері, щоб побачити, як це виглядає. Вплив 3D-моделювання на представлення архітектурних послуг є найбільшою трансформацією, яка трапилася. Архітектурно-будівельний бізнес почав використовувати 3D-моделі на сайтах робіт та презентаціях проєктів. Тривимірне моделювання виконується комп'ютерами та машинами через тривалий процес. 3D-моделювання використовувалося в багатьох презентаціях про архітектуру, щоб допомогти показати та зрозуміти точно завдання та мету проєкту.

Термін 3D-візуалізація використовується як синонім 3D-графіки, 3D-рендерінгу, комп'ютерно створених зображень та інших термінів. Усі вони в основному стосуються процесу, за допомогою якого графічний вміст створюється за допомогою програмного забезпечення 3D. Ця технологія стала мейнстрімом за останні кілька десятиліть і перетворилася на один із найбільш життєздатних варіантів створення високоякісного цифрового вмісту. 3D-візуалізація також є мистецтвом, яке вимагає як художніх, так і технічних навички.

					ІК91.180БАК.002 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		4

За допомогою 3D-візуалізації моделювання об'єктів та розуміння їх присутності в просторі досягається з мінімальними витратами. На основі лише наявного двовимірного креслення дуже важко уявити об'єкт та зрозуміти задум дизайнера. Тому візуалізація допомагає розуміти повну концепцію та розглянути об'єкт в цілому.

Наприклад, дитячі майданчики. Простір, в якому моделі повинні бути розміщені безпечно. Це правильно обладнане місце для дітей, які використовуються щоденно.

Основною метою роботи дипломного проєкту стало 3D-візуалізація майданчика, але не для дітей, а для домашніх тварин. Спроба відтворити місце, зручне та безпечне, для відпочинку зі своїми улюбленцями, за допомогою інструментів для створення 3D-конструктора.

Об'єктом дослідження є процес 3D-конструювання майданчику для домашніх тварин. Предметом дослідження є 3D-модель майданчику для домашніх тварин.

Для досягнення мети потрібно реалізувати наступні задачі:

- 1) необхідно провести дослідження предметної області 3D-моделювання, обрати інструменти та підходи для виконання поставленої задачі.
- 2) розробити тривимірну модель майданчика для домашніх тварин і його території, налаштувати матеріали та текстури, щоб надати їй реалістичний вигляд.
- 3) здійснити візуалізацію створеної моделі

Практичне значення візуальної моделі полягає у наглядному демонструванні архітектури, планування та зовнішнього вигляду майданчика, де мешканці міста зможуть проводити час із своїми улюбленцями.

					ІК91.180БАК.002 ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ПРОЄКТУ ТА ВИЗНАЧЕННЯ МЕТИ

Коли мова заходить про 3D-візуалізацію, здатність доповненої реальності відображати 3D-моделі якомога реалістичніше є головною перевагою. Доповнена реальність дозволяє користувачам бачити та взаємодіяти з віртуальними моделями, накладеними на реальне середовище. Клієнти можуть отримати більш чітке уявлення про запропоновані проєкти, переглядаючи 3D-моделі та взаємодіяти з ними в режимі реального часу за допомогою технології доповненої реальності.

Наразі важливим є розвиток візуального представлення моделей будівельно-архітектурних об'єктів, університетських комплексів, міських структур, культурно-історичних об'єктів, міст для відпочинку і т. д. Спостерігається все більше використання 3D-моделей та анімації в рекламі, кіно, мультиплікаційних фільмах, сфері ігор та віртуальній реальності. Такі моделі також широко застосовуються в Інтернеті для привабливості туристичних локацій та можуть служити об'єктами для створення тривимірної візуалізації місцевості та природного середовища.

## 1.1 Визначення об'єкту проєктування

У даному дипломному проєкті досліджується процес створення тривимірного майданчика для домашніх тварин. Створення майданчика потребує детального аналізу, для якого потрібно чітко сформулювати задачу та мету. Процес реалізації включає в себе оцінку потреб та бажань замовника, в нашому випадку це власники тварин. Після цього потрібно знайти територію, вивчити місцевість, спроектувати майданчик та підібрати дизайн обладнання.

					ІК91.180БАК.002 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Для того, щоб розробити 3D-модель потрібно пам'ятати про дотримання правил безпеки. Забезпечити майданчик надійним покриттям та обладнанням, створити місце для комфортного проведення часу зі своїми домашніми тваринами. Дизайн також дуже важливий етап, потрібно розробити оригінальні моделі, що будуть подобатись різним тваринам.

Окрім аналізу місцевості та обладнання, потрібно також провести аналіз програми, яка допоможе відтворити поставлену задачу. Сучасність та бурхливий технологічний розвиток постійно висувають інженерам-конструкторам будь-якої галузі нові вимоги, на допомогу якому приходять інформаційні технології. Інформаційні технології мають суттєві зміни в принципах конструювання та процесі розроблення виробів завдяки підвищенню інтенсивності, збільшенню надійності та точності розроблюваних проєктів. Кількість програм, що можуть відтворити всі задуми, потребують також розгляду та аналізу.

## 1.2 Доцільність розроблення

Системи автоматизованого проєктування, засновані на тривимірному моделюванні, стають стандартом у створенні технологічної та конструкторської документації.

Тривимірне моделювання – це на сьогодні найбільш наочне, точне і повне джерело інформації про об'єкт, використання якого дозволяє формувати та оформляти, за необхідності, конструкторську документацію на паперових або електронних носіях. Використання тривимірного моделювання спрощує візуальне представлення геометричних об'єктів і візуалізацію за допомогою графічних пакетів. Це зробило конструкторську діяльність більш доступною в різних галузях бізнесу і привабливішою для молоді.

					ІК91.180БАК.002 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Планування і візуалізація майданчика для домашніх тварин є відповідальним завданням, яким повинні займатися кваліфіковані фахівці з великим досвідом. Вони повинні мати глибоке розуміння правил безпеки, поведінки різних видів тварин та їх вподобань.

Виробники ігрових майданчиків для домашніх тварин - це компанії, які виготовляють обладнання та супроводжують весь процес такого виготовлення – від зародження ідеї майбутньої іграшки, будинку, одягу та до його здачі в експлуатацію. Крім цього, деякі виробники надають послуги подальшого обслуговування майданчика.

Для того, щоб виконати план по розробці майданчику для домашніх тварин, потрібно врахувати деякі правила:

- 1) для різних тварин потрібно облаштувати окремі локації, окремі деталі.
- 2) необхідно забезпечити зону безпеки кожного обладнання та самого майданчика.

3) знаходження відповідного місця. Для створення майданчика до зможе здійснюватися вигул та дресирування собак або комфортного проведення часу котів, необхідно визначити місце, яке спеціально відведене для цієї цілі. Цей майданчик повинен бути огорожений і обладнаний відповідно. Найкращим варіантом є використання вже існуючих місць для вигулу, зокрема таких, що не заважають мешканцям навколишніх будинків.

4) розробка моделі майданчика і вибір обладнання. Майданчик повинен бути обладнаний необхідними елементами благоустрою, такими як лавки, урни та стенди. При розробці моделі потрібно враховувалися побажання власників.

Окремі вимоги пред'являються до встановлення та обслуговування майданчика. Слід регулярно перевіряти всі кріплення, оновлювати покриття, очищати обладнання, виправляти будь-які дефекти, відновлювати огорожі, тощо.

					ІК91.180БАК.002 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Необхідно організувати належне місце для прогулянки та навчання, що дозволить безпечно та корисно проводити час з улюбленцями, а також сприятиме їх соціалізації та мінімізуватиме виникнення конфліктів. Майданчик буде центром збору власників тварин, де вони зможуть обмінюватись новою інформацією та досвідом, проводити заняття, змагання та семінари з метою підвищення рівня культури та відповідальності серед власників.

На даний момент в Україні є певний перелік розробників ігрових споруд для комфортного та веселого життя наших чотирилапих друзів:

- 1) HARLEY&CHO.
- 2) Made for pets.
- 3) Noble Pet.
- 4) BRONZEDOG.
- 5) GawGaw.

### 1.3 Огляд існуючих аналогів

Під час аналізу предметної області було виявлено декілька проєктів по створенню майданчиків для домашніх тварин.

Одним з таких проєктів є «Вухастий острів». «Вухастий звір» розрахований для власників тварин, зокрема дітей та підлітків, які зможуть із задоволенням проводити час на майданчику, займаючись спортом разом зі своїми улюбленцями. Мешканці міста будуть мати можливість вигулювати своїх собак без повідців на спеціально виділеній території. На майданчику також будуть вітатися спеціалісти з тренувань, зоопсихологи, ветеринари, експерти з годування, а також тренери зі спеціалізованих кінологічних шкіл. Даний проєкт, ще в процесі узгодження та підготовки.

					ІК91.180БАК.002 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.1 – Приклад розробки майданчику для собак

Діючим проєктом – є майданчик "Добрі друзі" для вигулу та дресирування собак у гідропарку "Топільче" (Рисунок 1.2.), як важлива складова культури догляду за міськими домашніми собаками. Цей майданчик став не лише місцем для проведення собачих виставок та зоофестивалів "Подаруй тваринці дім!", але й освітнім простором, що об'єднає відповідальних власників собак у спільноту. Вона зможе звернути увагу суспільства на проблеми тварин у місті та сприяти їх вирішенню.

Крім того, дослідивши проєкти аналоги та діючи проєкти, можна зробити висновок, що багато країн по всьому дбають про домашніх тварин та створюють не тільки майданчики, а й цілі парки. Наприклад, Парк Вінкельмана (Рисунок 1.3), який включає дві всесезонні зони для великих і маленьких собак, а також велику газонну зону, яка відкривається сезонно. Також він включає зону спритності зі стінами для стрибків і плетіннями.

Також є фонтанчик для миття лап і поїлка для домашніх тварин. Але, нажаль, в основному дані проєкти розраховані тільки під собак.



Рисунок 1.2 – Вигляд мультифункціонального майданчику «Добрі друзі» для домашніх тварин у парку «Топільче»



Рисунок 1.3 – Парк Вінкельмана, зона для тварин

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

ІК91.180БАК.002 ПЗ

Арк.

11

#### 1.4 Висновки до розділу

Дослідивши предметну область проєкту та ознайомившись з аналогами, можна сказати, що більшість майданчиків створені саме для дресирування та вихову саме собак. Тому метою даного дипломного проєкту є побудова візуальної моделі майданчику для домашніх тварин, який буде доступний та приємний для проведення часу не тільки для власників собак та їх улюбленців, а й також котів.

Для того щоб досягнути поставленої мети потрібно продумати дизайн для цікавого, а й найголовніше безпечного проведення часу з тваринами, в обраному програмному продукті здійснити відтворення 3D-моделі ігрових споруд та прилеглої території, а також провести налаштування створеного майданчику.

На підставі аналізу предметної області дипломного проєкту можна прийти до висновку, що створення тривимірної моделі майданчику для чотирилапих друзів є актуальним і доцільним.

					ІК91.180БАК.002 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		12

## 2 АНАЛІЗ ЗАСОБІВ РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ

Як вже було позначено у минулому розділі, основною ціллю даного проєкту є створення тривимірної моделі майданчика, який буде корисним та комфортним місцем для розважань домашніх тварин та їх власників. Отже, сформуємо основні задачі, для досягнення мети та розглянемо їх в цьому розділі. Для цього почнемо з характеристики обладнання, яке ми потребуємо для створення моделі.

### 2.1 Характеристики обладнання для реалізації моделі

Талановиті дизайнери професійно займаються створенням живописних пейзажів, локацій і персонажів, які вражають своєю реалістичністю та деталізацією. Проте небагато людей усвідомлюють, що вартість їх обладнання може перевищувати ціну автомобіля середнього класу. Більше того, анімацію та 3D-візуалізацію потрібно розраховувати, щоб визначити світло, тіні, відображення та багато іншого, що називається рендерингом. Однак для цього процесу 3D-програмне забезпечення та рендерер вимагають не лише великої обчислювальної потужності, але й часу.

Для даного дипломного проєкту необхідно обрати конструктор майданчиків для домашніх тварин з простим і зрозумілим інтерфейсом. Оскільки цим займається не професійний фахівець, важливо, щоб процес створення проєкту не вимагав спеціальних навичок. Потрібно мати можливість задавати розмір і форму майданчика, а також розміщувати моделі ігрових споруд у відповідних масштабах і перспективі. Крім того, необхідно мати базу ігрових комплексів для тварин та інструменти для збереження готового проєкту.

					ІК91.180БАК.002 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		13



Рисунок 2.1 – Приклад процесу рендерингу

Будь-який ігровий комплекс для тварин повинен мати такі переваги:

1) безпека. Вироби не мають гострих кутів, не мають відкритих місць. Власники тварин повинні розраховувати на те, щоб їх улюбленці могли розважатись та при цьому не бути поранені.

2) привабливий та особливий дизайн.

3) універсальність. Це може бути як і закритий майданчик, так і відкрита площа, налаштована під види тварин.

4) довговічність. Для виготовлення моделей використовуються високоякісний матеріал.

5) екологічність. Тварини легко можуть підхопити хворобу під час прогулянки, тому зона майданчика повинна бути стерильна.

3D-конструктор має бути зроблений на основі движка, який відповідає за візуалізацію 3D-об'єктів на екрані. Особливістю цього движка є те, що не потрібно встановлювати додаткові модулі або розширення для браузера, щоб переглядати 3D-моделі.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

3D-моделі виробів повинні завантажуватися в кеш на комп'ютер користувача, після чого за допомогою скриптів з сервера відбувається взаємодія з моделями. Це зумовлює деякі особливості роботи з конструктором.

Оскільки моделі повинні бути зроблені з високою деталізацією і гарною якістю, деякі з них дуже багато "важать" (до 40-50 МБ), в результаті, перш ніж він з'явиться на екрані, необхідно дочекатися його завантаження в кеш браузера.

Чим більший майданчик і моделей на ньому – тим вимогливіший конструктор до системних вимог комп'ютера. Саме тому розмір майданчика обмежений 50x50 м, оскільки велика кількість виробів на величезному майданчику просто не завантажиться. Чим більший майданчик і чим більше в ньому «важких» моделей, тим довше він вантажиться і повільніше керується.

Найбільша кількість задач, що вирішуються домашніми користувачами, миша комп'ютера надає достатньо можливостей. Однак, при створенні ескізів і використанні 3D-моделювання, необхідно використовувати графічні планшети.

Існують обмеження, що стосуються можливостей використання миші, які обмежують її використання для більш широкого кола завдань. Графічні ж планшети навпаки, маючи достатню точність, здатні емулювати процес малювання олівцем на папері.

У контексті 3D-моделювання, точність деталей і їх прогресивний розвиток вкрай важливі і прямо залежать від використовуваної техніки. Об'єкти або їх частини, які можна моделювати за допомогою миші протягом кількох годин, можна обробити за декілька хвилин за допомогою планшета, що полегшує створення 3D-моделей і робить процес більш гнучким.

Для створення 3D-моделі в даній роботі було використано графічний планшет та стилус Huion H950P (Рисунок 2.2).

					ІК91.180БАК.002 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		15

3D моделювання – є дуже популярним і багатозначним напрямком в комп'ютерній індустрії на сьогодні. Віртуальні моделі стали невід'ємною частиною сучасного виробництва. Величезна кількість виробництв, зокрема, й виробництво медіа-продукції, вже неможливе без використання анімації та комп'ютерної графіки. Звичайно ж, для різноманітних завдань в цій галузі передбачені і специфічні програми.



Рисунок 2.2 – Графічний планшет Huion H950P

## 2.2 Аналіз та огляд редакторів для 3D-моделювання

Основні функції і можливості 3D програм:

- 1) моделювання тривимірної графіки – створення тривимірних моделей сцени і 3D проєктів в ній;

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

- 2) обробка та редагування зображень.
- 3) рендеринг – побудова проекції моделі.
- 4) моделювання інтер'єру, дизайн одягу, взуття.
- 5) створення ігор і 3D моделей для них.
- 6) рендер отриманого зображення.

Існує чимало варіантів, які можна вибрати під час вибору програмного забезпечення для 3D-моделювання. У кожного є сильні та слабкі сторони, які роблять його кращим для одних завдань моделювання, ніж інші. Зважаючи на відмінності, вибір правильного програмного забезпечення для поставленої мети є важливим для реалізації елементів ідей. На рисунку представлені різноманітні програми 3D-моделювання.

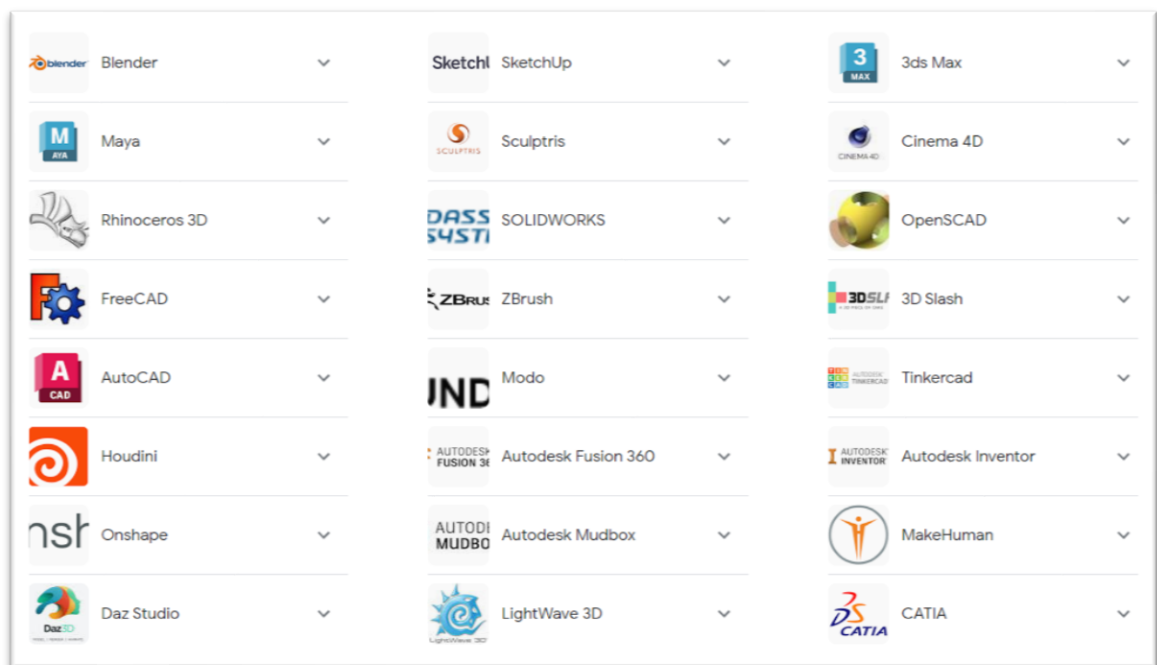


Рисунок 2.3 – Перелік програм для 3D-візуалізації

Розглянемо деякі з них для того, щоб обрати спосіб реалізації 3D-моделі майданчику:

1) Blender.

Blender — це пакет для створення 3D-об'єктів з відкритим вихідним кодом, який підтримує майже всі аспекти процесу 3D-розробки. Разом із розширеною функціональністю моделювання, є також надійне текстурування, оснащення, анімація, освітлення та безліч інших інструментів для створення 3D-моделей. Blender підходить і для тих, хто хоче працювати лише зі статичними моделями і для поринення у світ анімації. Крім того, ще одна чудова функція полягає в тому, що Blender сумісний з різними платформами, тому він працюватиме на Windows, MacOS і Linux.

Певний час Blender був сумно відомий своїми величезними параметрами меню та складним процесом навчання, але це вже не так. Набагато чистіший інтерфейс користувача та величезна допомога як від проєкту, так і від спільноти значно спрощують користувачам знайти свою опору та почати використовувати вражаюче потужні інструменти програми, включаючи процедурний робочий процес на основі вузлів, який забезпечує неперевершену гнучкість у вашій роботі.

2) ZBrush.

ZBrush, який є основною пропозицією від Pixologic, ймовірно, найдосконаліший цифровий модельєр. Ця програма, як правило, є улюбленим інструментом серед цифрових художників, які віддають перевагу роботі з «цифровою глиною», а не сітчастому або параметричному моделюванню. Зважаючи на це, ZBrush пропонує багато інших функцій для такої цілеспрямованої програми — і це може спершу трохи збентежити новачків.

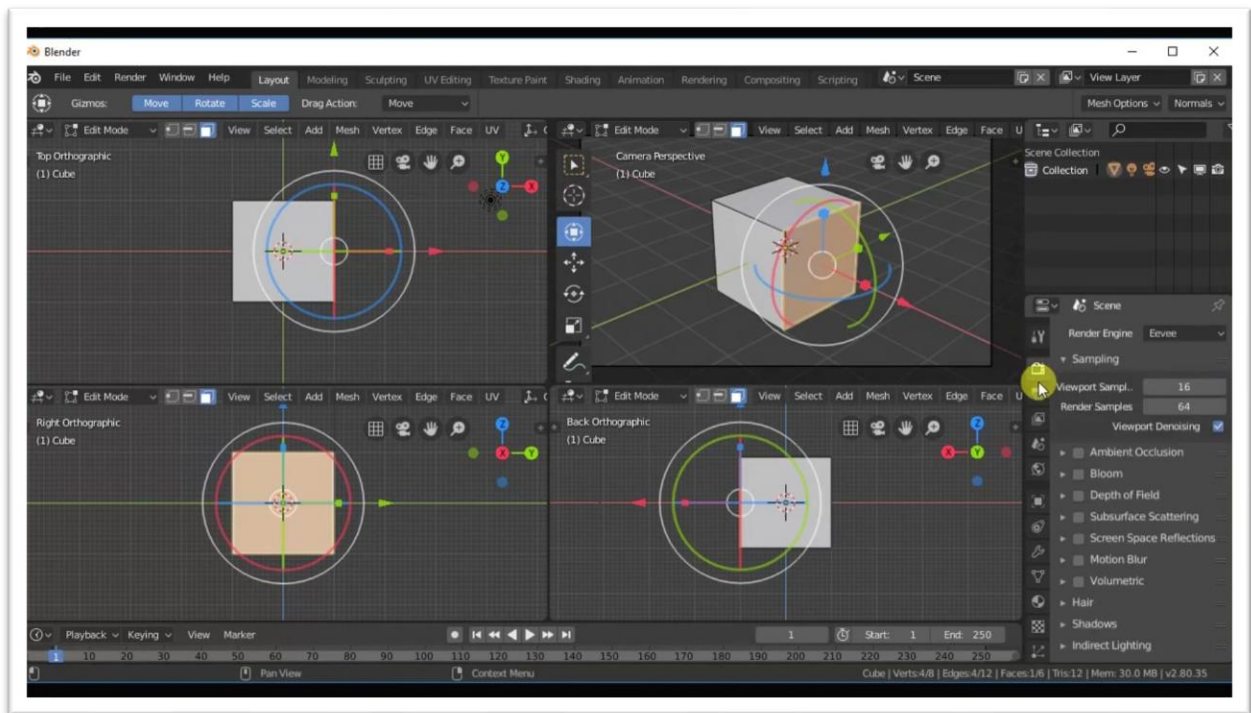


Рисунок 2.4 – Приклад інтерфейсу програми Blender

ZBrush може обробляти до 100 мільйонів багатокутників на сітку, залежно від вашого обладнання, перш ніж ви почнете відчувати труднощі під час моделювання. Програмне забезпечення налаштовано за допомогою унікального програмного забезпечення Pixologic, яке обходить традиційні обмеження 3D-вокселів за допомогою «Pixols» — «розумного пікселя». Піксолі — це, по суті, 2D-пікселі, які мають додаткову інформацію, яка представляє глибину, що робить їх «2,5Д». Під час візуалізації піксолі перетворюються на знайомі старі вокселі.

ZBrush, мабуть, найкраще програмне забезпечення для цифрового ліплення, яке може отримати професіонал, але, на жаль, воно дороге.

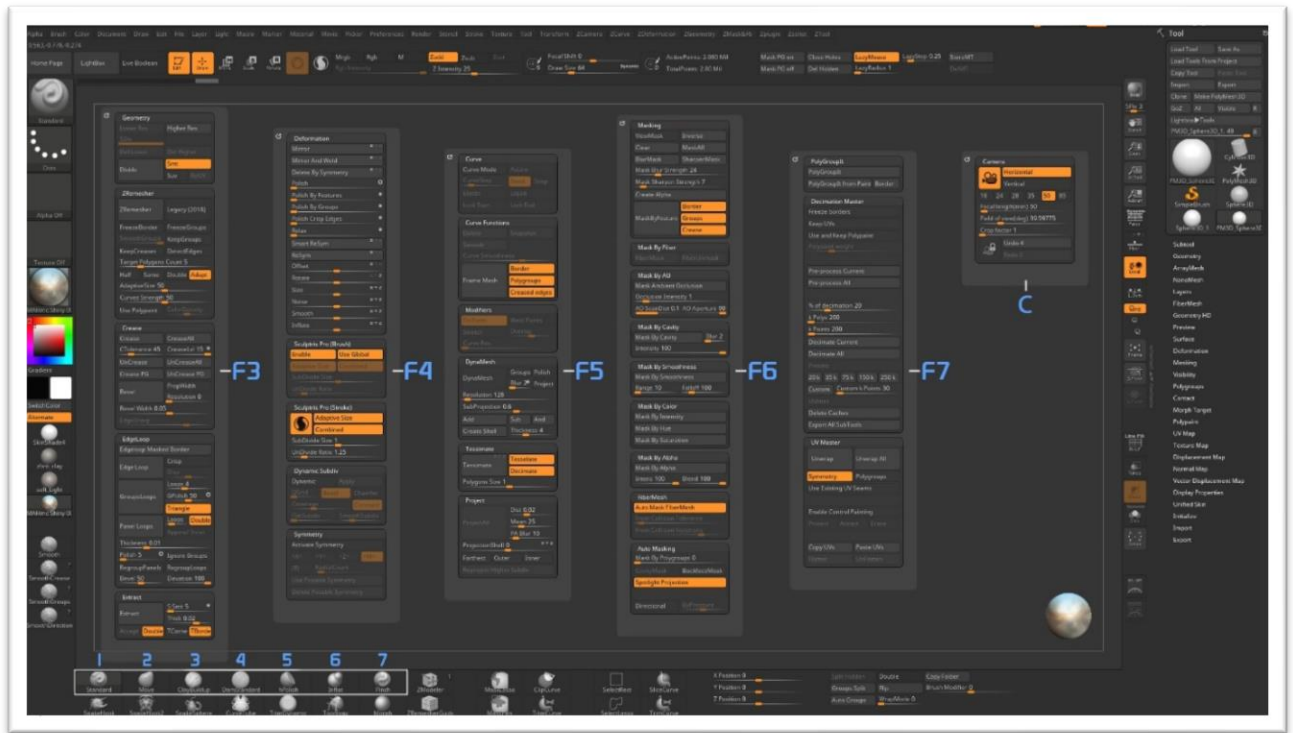


Рисунок 2.5 – Приклад інтерфейсу програми ZBrush

### 3) Cinema 4D.

Cinema 4D, потужний анімаційний центр Maxon із розширеними можливостями моделювання, часто є однією з програм, що створюють найбільш захоплюючі візуальні ефекти. Насправді можливості Cinema 4D такі, що його використовують у голлівудських фільмах із великою кількістю візціальних ефектів. Pacific Rim та Tron: Legacy — це два приклади фотореалістичного фентезі, яке можна реалізувати за допомогою Cinema 4D.

Незважаючи на те, що це одна з найдосконаліших програм, Cinema 4D має репутацію простої у використанні. Досвідчені користувачі хвалять добре організований інтерфейс і розширені функції за те, як вони спрощують робочі процеси моделювання та анімації.

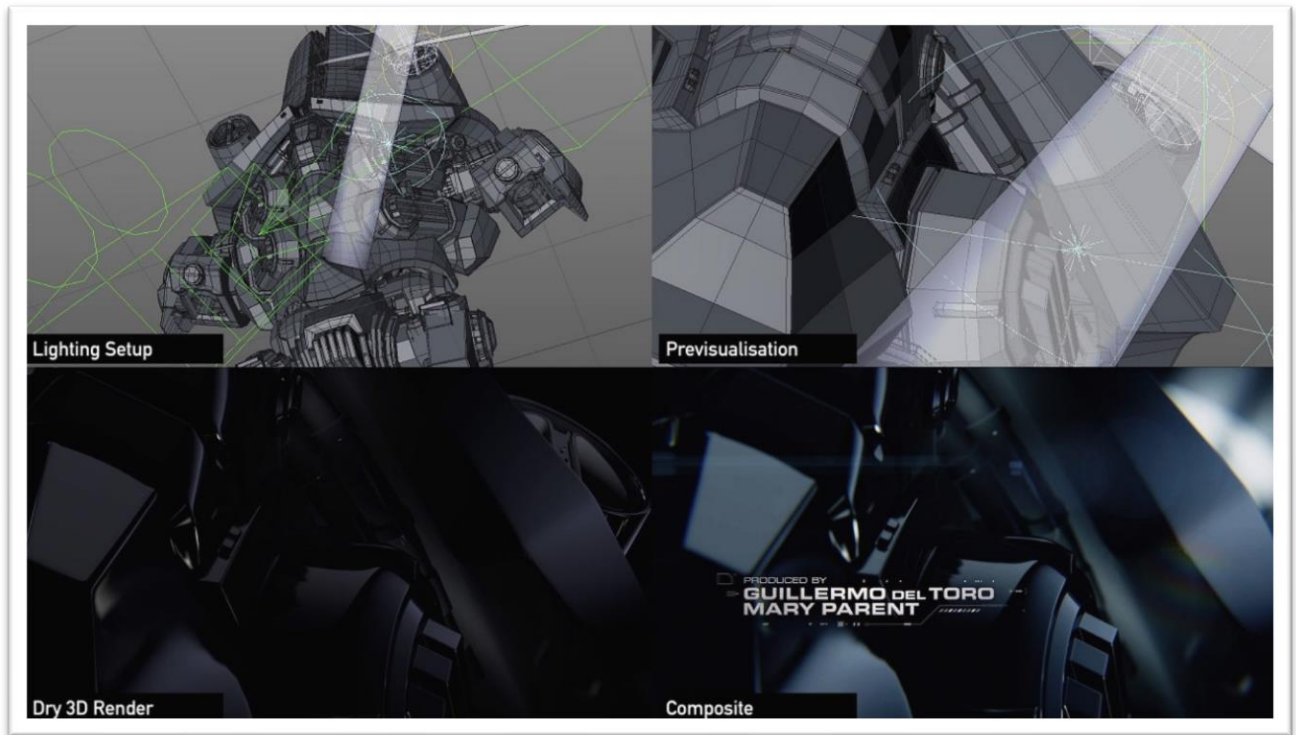


Рисунок 2.6 – Процес роботи над Pacific Rim в програмі Cinema 4D

Як новачки, так і досвідчені 3D-художники користуються перевагами цього, оскільки інтуїтивно зрозумілий макет дає перед вами найважливіші інструменти, щоб як ознайомитися з тим, що вам найбільше потрібно, так і прискорити процес для тих, хто знає, що шукає.

Cinema 4D також має хорошу спільноту, яка пропонує багато навчальних посібників і допомагає новим художникам познайомитися.

#### 4) 3ds Max.

3ds Max – це складне програмне забезпечення для вивчення. Його користувальницький інтерфейс досить важкий для розуміння, тому він може мати найдовше навчання для користувачів, які ще не знайомі з 3D-моделюванням.

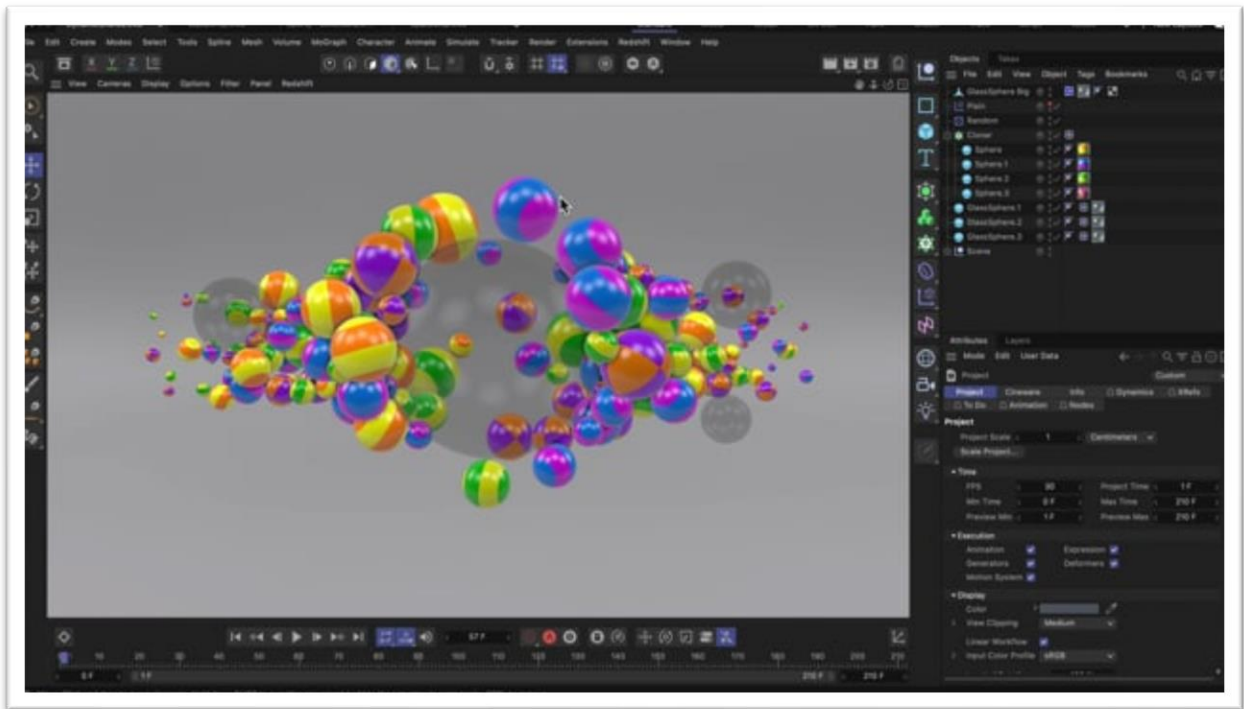


Рисунок 2.7 – Приклад інтерфейсу програми Сінема 4D

Autodesk справді має певний навчальний вміст на своїх сторінках підтримки, щоб допомогти новим користувачам, але це тривіальна колекція порівняно з освітніми бібліотеками іншого програмного забезпечення. 3ds Max також має одну з найменших спільнот серед програмного забезпечення для цифрового моделювання.

Як програма Autodesk, 3ds Max пропонує одні з найкращих програм безпеки для 3D-моделювання. Одним із важливих аспектів є його безпечне виконання сценарію сцени, яке блокує сценарії, якщо вони намагаються виконати команди поза сценою — наприклад, звертаючись до зовнішніх каталогів на вашому ПК. Якщо ви запускаєте сценарії зі сторонніх джерел, це важлива функція, особливо для великих команд.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Основні можливості 3ds Max від Autodesk:

- 1) 3D-інструменти, інтегровані з програмним забезпеченням від Autodesk для проєктування, архітектури, будівництва та промислового виробництва.
- 2) Робота зі стандартними робочими процесами в області дизайну, розробки ігор і виробництва фільмів.
- 3) Створення повністю інтерактивних візуалізацій проєктів у віртуальній реальності.
- 4) Широкий вибір модулів від сторонніх розробників для адаптації робочого процесу.
- 5) Завдання власних налаштувань за допомогою вбудованих опцій для написання сценаріїв.
- 6) Параметричне та органічне об'єктування інструментами моделювання мереж та поверхонь.
- 7) Процедурна анімація інструментами для персонажів та масовки.
- 8) Моделювання реалістичного потоку рідини.
- 9) Імпорт та передача даних між файлами, додатками, користувачами і робочими місцями.

Крім того, 3ds Max розроблено з акцентом на моделюванні для експорту та роботи в інших, більш спеціалізованих програмах на інших етапах виробництва. Autodesk має розкіш великої організації та набору програмного забезпечення, яке може охоплювати подальші етапи виробництва окремо.

5) Autodesk Maya.

Ще один продукт від Autodesk, Autodesk Maya — це потужне програмне забезпечення для 3D-анімації, яке використовується промисловими професіоналами для створення високоякісних візуальних ефектів і рухомої графіки.

					ІК91.180БАК.002 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		23



Рисунок 2.8 – Приклад інтерфейсу програми 3ds Max

Високі успіхи робіт, які використовували Maya на ранніх стадіях її існування, закріпили статус програми, оскільки сказано, що велика кількість переможців премії «Оскар» за найкращі візуальні ефекти протягом 2000-х років знімали фільми, у створенні яких використовувалося програмне забезпечення.

Maya знайшла прихильність до настроювання робочих просторів, що дозволяє користувачам налаштовувати програмне забезпечення відповідно до їхніх потреб. Високі успіхи робіт, які використовували Maya на ранніх стадіях її існування, закріпили статус програми, оскільки сказано, що велика кількість переможців премії «Оскар» за найкращі візуальні ефекти протягом 2000-х років знімали фільми, у створенні яких використовувалося програмне забезпечення.

Дехто віддає перевагу функції кешованого відтворення Maya, яка робить перегляд анімацій у реальному часі плавнішим і швидшим, ніж з іншими програмами для 3D-моделювання.

Останні оновлення включають новий досвід для нових користувачів, який робить набагато м'якше приземлення, з гейміфікованими знайомствами з програмним забезпеченням і ключовими інструментами.

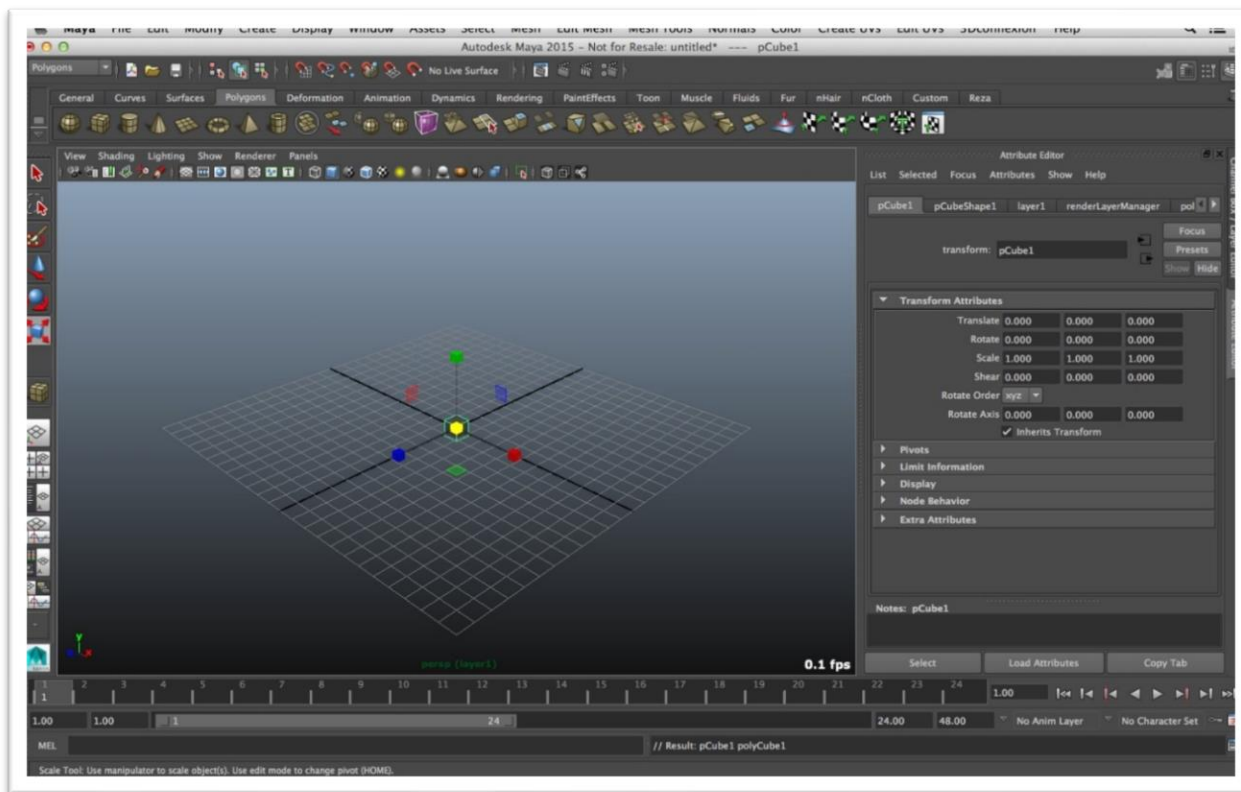


Рисунок 2.9 – Приклад інтерфейсу програми Autodesk Maya

#### б) Vectary.

Як інструмент 3D-моделювання лише для браузера, Vectary є унікальним серед усіх інших програм для 3D-моделювання. Незважаючи на це та припущення, що цей факт обмежує його, реальність така, що Vectary є досить потужним інструментом для дизайнерів.

У Vectary користувач отримує вікно перегляду для моделювання своїх 3D-творів за допомогою інструментів і ярликів, які, за словами Vectary, позбавляють вас від 3D-моделювання. Сервіс рекламується як «створений 3D-дизайнерами

для 3D-дизайнерів», і завдяки простоті використання та швидкому й оперативному характеру його інструментів це стає розумілим.

Шари змін, які застосовується до моделей у Vectary, є неруйнівними, що дозволяє легко повертатися назад або робити параметричні коригування на льоту. Vectary також може похвалитися великою бібліотекою активів, що дозволяє швидко та легко заповнити сцену або компоувати свій шлях до нового об'єкта. Vectary пропонує безкоштовну, але обмежену версію, яка обмежена 10 проектами. Якщо ви хочете використовувати його більш професійно у своїй організації, вам потрібно буде оформити підписку, щоб використовувати інструмент.

#### 7) Sculptris.

Останньою програмою для розгляду була обрана Sculptris. Sculptris — це безкоштовне програмне забезпечення для 3D-моделювання, яке використовує концепцію глини для моделювання. Він унікальний тим, що кожен може взяти його в руки та випробувати без будь-яких технічних знань.

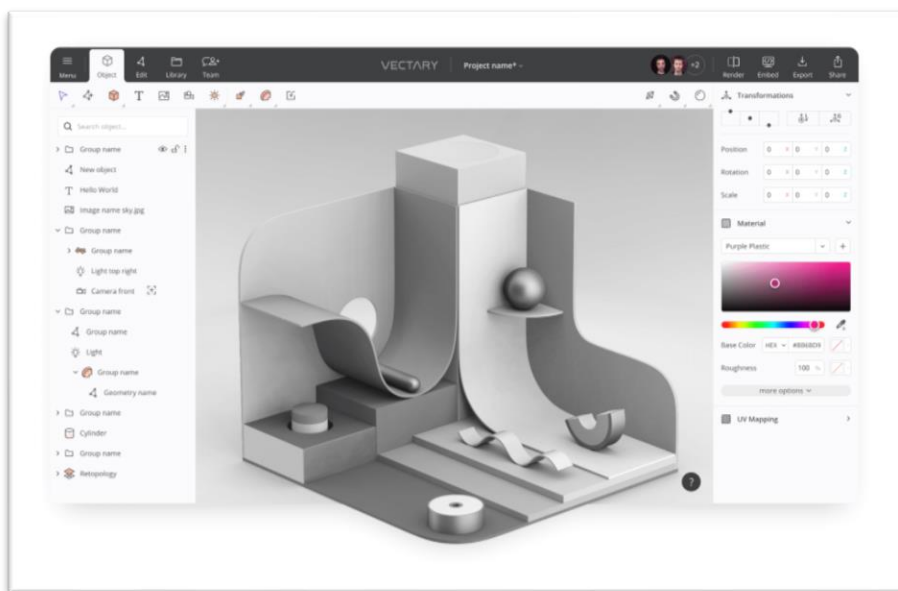


Рисунок 2.10 – Приклад інтерфейсу програми Vectary

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Sculptris використовує тип «цифрової скульптури» як основу для створення 3D-моделі. Іншими словами, моделі створюються подібно до ліплення предмета з глини за допомогою різних інструментів. По-перше, ми починаємо зі сфери, яку потім користувач може моделювати за бажанням, розтягуючи, копаючи, згладжуючи тощо. Це робить її ідеальним інструментом для створення анімованих персонажів або відеоігор. Sculptris є безкоштовним і належить Pixologic, творцю Zbrush, яка була розглянута раніше. Хоча програмне забезпечення більше не розробляється, його все ще можна завантажити на ПК з Windows. Однак він може бути несумісним з новими операційними системами. Sculptris особливо підходить для початківців, оскільки 3D-модель створюється досить інтуїтивно.

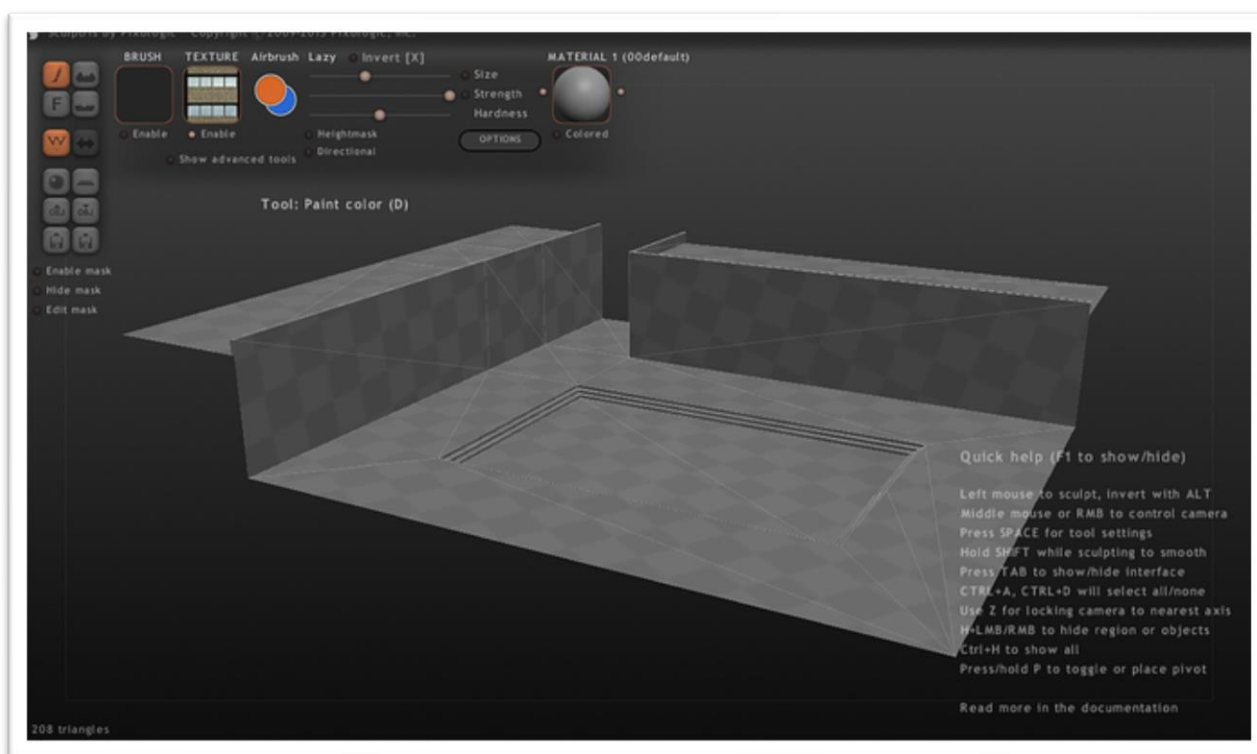


Рисунок 2.11 – Приклад інтерфейсу програми Sculptris

Найсучасніше програмне забезпечення для 3D-моделювання може бути доступним за умови правильного ознайомлення.

Розглянувши різноманітні інструменти для створення 3D-візуалізації, можна побачити, що є багато чудових програм, навіть від найкращих розробників, доступні у вільному доступі та призначені спеціально для користувачів, які тільки починають працювати з 3D-моделюванням. Інтерфейси користувача стали доступнішими, документація надійнішою, а навчальні посібники готові провести через кожен крок вивчення програмного забезпечення та створення першої 3D-моделі. З часом і практикою ця колекція приголомшливих інструментів виглядатиме досить інтуїтивно зрозумілою.

### 2.3 Вибір методів моделювання та засобу реалізації проєкту

Перш ніж зупинитися на програмі, потрібно також обміркувати метод моделювання, яким ми будемо займатись. Багато з найкращих програм для 3D-моделювання охоплюють кілька методів проєктування, але не всі – і деякі кращі для одного виду, ніж для інших.

Розглянемо доступні методи моделювання, на основі яких оберемо програму для створення 3D-моделі.

Перший метод - полігональне моделювання. Підхід до тривимірного моделювання, який використовує ребра, вершини та грані для формування моделей. Модельєри починають із простих форм і додають деталі, щоб розвивати їх. Вони змінюють форми, регулюючи координати однієї або кількох вершин. Полігональна модель називається фасетною, оскільки багатокутні грані визначають її форму.

Полігональне або багатогранне моделювання найкраще підходить там, де візуалізація важливіша за точність. Цей метод широко використовується дизайнерами відеоігор і анімаційними студіями. Активи у відеоіграх утворюють цілі світи для геймерів. Функції цих активів побудовано за допомогою полігонального моделювання.

Комп'ютерам потрібно менше часу для візуалізації полігональних моделей. Таким чином, програми полігонального моделювання добре працюють у браузерях. Багато промислових додатків легко обробляють представлення полігональних моделей.

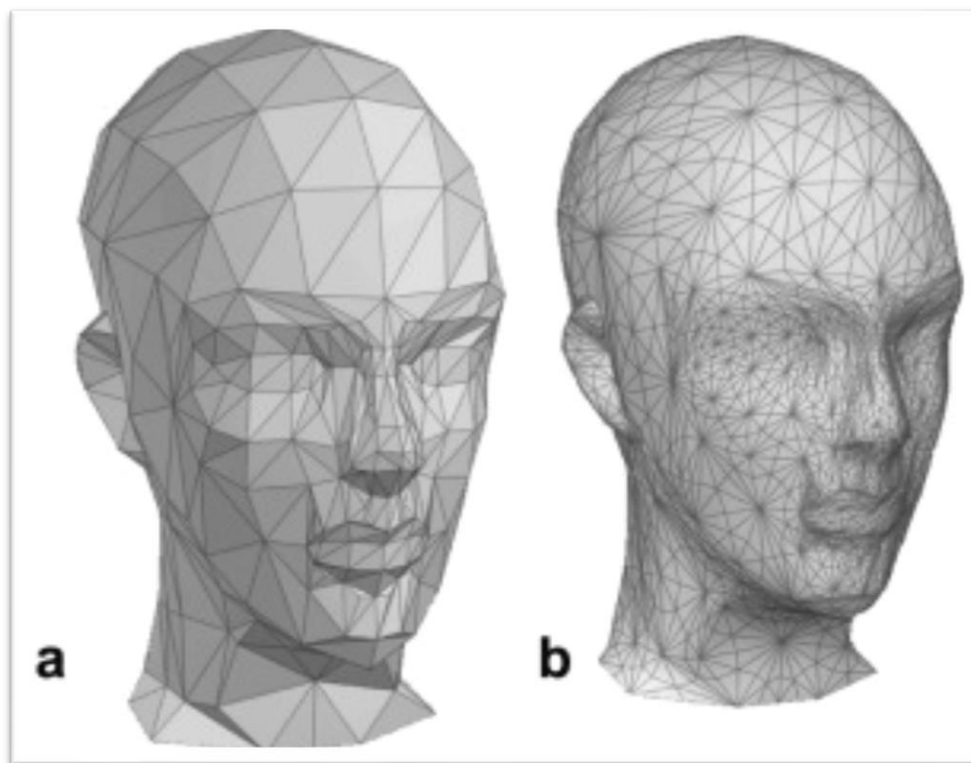


Рисунок 2.12 – Приклад полігонального моделювання

Перевагами полігонального моделювання є:

- 1) Полігональні моделі та їх топологія виглядають природніше, оскільки кожен полі розроблено індивідуально та детально.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

2) Багато режимів зібрані зі складних компонентів, тому деякі з їхніх окремих багатокутників і трикутників можна редагувати чи анімувати.

3) Підходить для моделювання персонажів, тварин, предметів, середовища в іграх, анімаціях, та фільмах.

4) Його частіше використовують у розробці ігор, тому що набагато зручніше для 3D-моделювання. Крім того, більшість ігрових движків оснащено спеціальною панеллю інструментів для полігонального моделювання.

До недоліків полігонального моделювання належить наступне:

1) Моделювання полігонів може зайняти багато часу у випадках, коли 3D-моделі вимагають індивідуального дизайну та редагування для кожного полі.

2) Плоскі поля та полігональні сітки важко використовувати для створення моделі з гострими краями, придатної для промислового дизайну.

За рахунок збільшення продуктивності процесорів і графічних адаптерів, в графічних програмах відбувається перехід від використання полігонів до сплайнів.

Наступним методом йде сплайнове моделювання. Сплайн — це крива в тривимірному просторі, яка технічно називається B-сплайном (базисним сплайном), яка проходить принаймні через дві точки. Повна назва цього типу симуляції походить від NURBS, що означає Non-Uniform Rational Basis Spline. Уявимо, як спочатку малюється куб: спочатку потрібно обчислити правильну відстань між гранями, розставити точки разом з обчисленою відстанню і з'єднати ці точки лініями. Таким чином, отримаємо 3D-фігуру.

Таким чином, NURBS-моделювання — це процес роботи зі сплайнами — з'єднання їх у 3D-клітку, яка формує об'ємну модель певної форми. 3D-художники використовують комп'ютерні алгоритми для налаштування геометрії NURBS, щоб кінцева модель виглядала пропорційною та природною.

Існує два способи роботи з цим типом моделювання — за допомогою кривих NURBS і поверхонь NURBS. Використання кривих передбачає створення поверхонь з окремих кривих, що краще, коли потрібно контролювати весь процес моделювання. З іншого боку, можна просто створити поверхню майбутньої моделі і відредагувати її для отримання необхідного результату.

Розглянемо, як і для методу полігонального методу, деякі ключові переваги та недоліки моделювання NURBS, які допоможуть визначити найкращі варіанти використання.

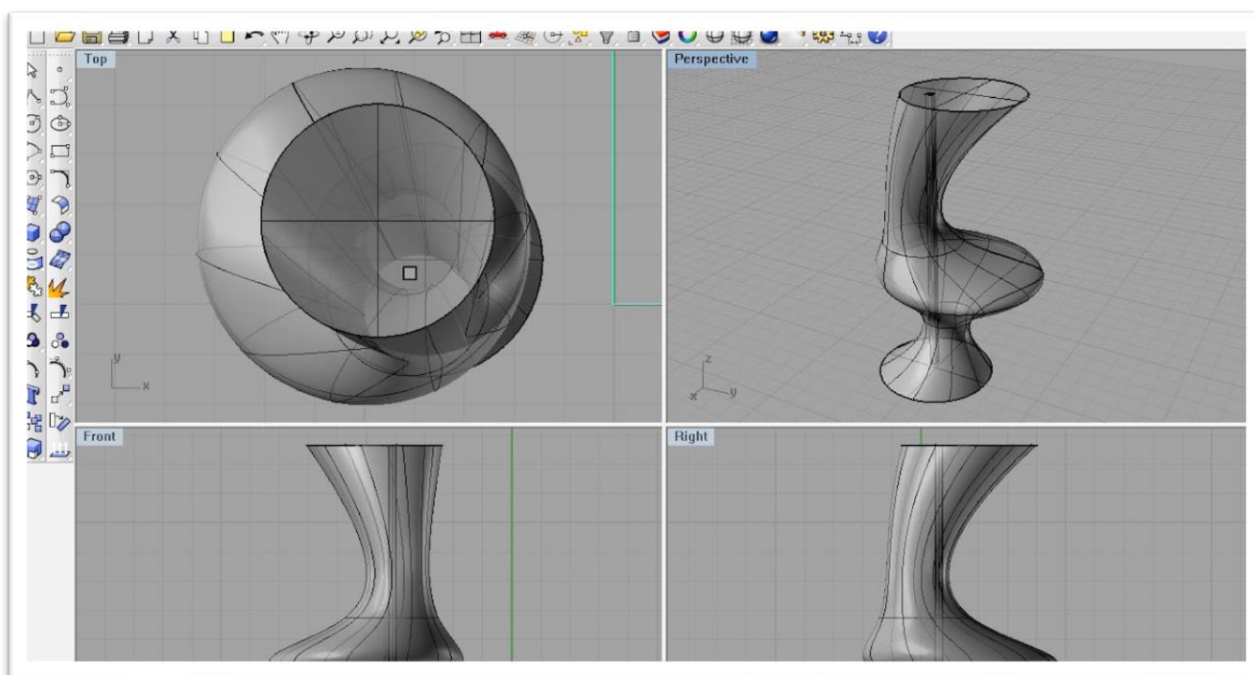


Рисунок 2.13 – Приклад сплайнового моделювання

До переваги відноситься наступне:

1) Підходить для створення моделей з гладкою поверхнею та точного й детального відтворення зовнішнього вигляду моделей, які використовуються для відображення архітектурних, інженерних чи інших промислових об'єктів.

2) Поверхня моделі, створена за допомогою моделювання NURBS, за потреби може бути перетворена в полігональний формат.

3) Цей вид моделювання більш доступний при редагуванні моделей будь-якої складності, оскільки легше змінити положення точок на кривій за допомогою алгоритму, ніж налаштовувати параметри вершин полігональної сітки вручну.

Також перечислимо недоліки, а саме:

1) Редагувати, доповнювати та деталізувати окремі частини моделі складно, оскільки це потребує порушення структури, що впливає на кінцевий вигляд моделі.

2) Ігрові движки набагато менше адаптовані до моделювання NURBS, ніж полігональне моделювання, оскільки вони рідко використовуються для створення 3D-моделей ігор.

Зваживши всі за та проти, а також взявши до уваги проаналізовані програми для 3D-візуалізації, для даної дипломної роботи буде обране програмне забезпечення для полігонального 3D-моделювання, а саме Blender.

Одною з головних причин використання Blender є той факт, що він доступний кожному. Його можна завантажити та використовувати абсолютно безкоштовно. Це одна з головних переваг Blender як для любителів, так і для професіоналів. Більшість програм такого калібру, як-от 3ds Max і ZBrush, мають місячну підписку або вимагають придбання безстрокової ліцензії, але Blender цього не робить.

Незважаючи на те, що Blender безкоштовний, він надає масу переваг для всіх своїх можливостей. Як одна з небагатьох програм для створення 3D, які є ліцензійними, вона має деякі унікальні функції – наприклад, API Python (написання скрипту для створеної моделі/об'єкту) – які не завжди є в альтернативах. Це робить його чудовою універсальною програмою, яка здатна виконувати більшість дизайнерських програм.

Завдяки численним функціональним можливостям, включаючи моделювання сітки, скульптуру, розгортання ультрафіолетового випромінювання, такелаж, анімацію тощо, Blender справді універсальний.

У 3D-комп'ютерній графіці 3D-моделювання – це процес поступового «будівництва» об'єкта шляхом додавання компонентів для створення геометричних фігур. За допомогою Blender можливо створювати об'єкти та персонажів для ігор, анімації та 3D-друку. Це пов'язано з численними інструментами, доступними з різних місць, як-от панель інструментів, інструменти граней або гарячі клавіші, які можуть змінювати одну або кілька вершин, ребер і граней.

Можливість дізнатися про нове програмне забезпечення завжди важлива. На щастя, у Blender є багато ресурсів, з яких можна навчитися. У Blender є офіційний канал, який містить відео про різні функції та інструменти, а також оновлення, конференції та фільми, створені за допомогою програми.

## 2.4 Висновки до розділу

Використовуються в анімації, дизайні ігор, архітектурі, виробництві та дизайні продуктів, 3D-моделі відіграють вирішальну роль у будь-якому виді виробництва — як цифровому, так і фізичному. Створення цих 3D-моделей може здаватися ще більш містичним, ніж традиційні форми мистецтва, але після деякої практики з потужним програмним забезпеченням для 3D-моделювання, яке стоїть за ними, все стає досить просто.

Для того, щоб відтворити позначену мету роботи, а саме створення 3D-моделі майданчику для домашніх тварин, було обрано метод полігонального моделювання, так як він простіший в реалізації для початківців.

					ІК91.180БАК.002 ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Різне програмне забезпечення для 3D-моделювання відповідає різним вимогам робочого процесу. Знайти найкращу програму для 3D-моделювання не просто, але знання, з чого почати, може допомогти. Аналіз різноманітних програм допомогів виявити найкраще ПЗ, яке підійде для відтворення мести проекту. Тому було обрано програмне забезпечення для 3D-візуалізації - Blender. Ця програмна не важка для вивчення та має зручний інтерфейс. Також вона безкоштовна, не дивлячись на великий перелік інструментів для відтворення ідей користувача.

					ІК91.180БАК.002 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		34

### 3 АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ 3D-ВІЗУАЛІЗАЦІЇ

Для того, щоб перейти до створення 3D-моделі, яка б задовольняла поставленій задачі та темі проєкту, було проведено дослідження програмних забезпечень та обрано метод моделювання. Наступним кроком сплануємо процес реалізації моделі та налаштуємо середу обраного програмного забезпечення.

#### 3.1 Планування процесу створення 3D-об'єктів

Розпочати планування процесу створення 3D-об'єктів майданчику для домашніх тварин можна з пошуку прикладів споруд, які ми будемо використовувати. Також потрібно вирішити їх розміщення зробивши попереднє креслення.

Отже, оберемо елементи обладнання для встановлення на майданчику:

- 1) Бар'єр-круг.



Рисунок 3.1 – Приклад бар'єра-круга для собак

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

2) Тренувальний тунель.



Рисунок 3.2 – Приклад тренувального тунеля

3) Комплекси для котів.



Рисунок 3.3 – Приклад комплексу для котів

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

#### 4) Обладнання для собак:



Рисунок 3.4 – Приклад обладнання для собак

Окрім іграшок також потрібно не забувати про безпеку, тому при плануванні не забуваємо про огорожу, а також зону для власників.

Далі перейдемо до плану самого процесу візуалізації.

Першим кроком у процесі 3D-моделювання є концептуалізація. Це передбачає розробку плану та створення базової концепції моделі. Даний етап ми виконали в попередніх розділах, тому переходимо до наступного кроку.

Наступним кроком є розробка базової геометрії 3D-моделі. Це передбачає створення основи для обраної моделі за допомогою основних форм і ліній. Цей етап може бути трохи складним, оскільки потрібно бути уважним, щоб створити добре сформовану 3D-структуру.

3D-моделі створюються багатьма різними способами, але найпопулярнішими є тверді та поверхневі моделі. За допомогою цього типу

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

моделювання можна створити будь-що: від простого куба до складного автомобіля.

Далі скористаємось обраним полігональним методом моделювання, а саме це будівельні блоки 3D-моделей, і їх потрібно правильно створювати та змінювати, щоб створити високоякісну модель. Це критично важливо для 3D-моделей, які занадто великі для роботи в програмах, віртуальній реальності, доповненій реальності або комп'ютерних іграх.

Змінити топологію 3D-моделі може бути складним завданням, але це важливо для створення високоякісного продукту. Це означає, що всі багатокутники розташовані в потрібних місцях і модель правильно збалансована.

Четвертий крок — додавання деталей до створеної 3D-моделі. Це включає додавання текстур, кольорів та інших елементів, щоб модель виглядала реалістично. Деталі важливі, оскільки вони можуть змінити або змінити загальний вигляд моделі.

Текстура є однією з найважливіших деталей, яку потрібно додати. Використовуючи відповідне програмне забезпечення для 3D-текстурування, ваша модель зможе виглядати максимально реалістично. Це передбачає також і додавання кольору.

Матеріали визначають, як виглядає та поводить ся 3D-модель. Щоб створити реалістичну 3D-модель, потрібно використовувати правильний матеріал для кожного об'єкта, а також враховувати середовище, в якому буде використовуватися модель.

Камінь, дерево, тканина, метал та інші матеріали мають унікальні властивості, які необхідно враховувати під час створення 3D-моделей.

Рендеринг — це наступний етап процесу. Цей крок дуже важливий, оскільки дозволяє побачити модель у її остаточному вигляді.

Рендеринг може бути трудомістким процесом, але результат того вартий. За допомогою правильних програм 3D-візуалізації можна створювати приголомшливі зображення та анімацію, щоб справити враження на своїх клієнтів.

### 3.2 Налаштування робочої середовища обраного редактору

Для кращого розуміння обраного програмного забезпечення, розглянемо та налаштуємо інтерфейс і функціонал Blender для подальшої роботи.

Коли вперше запускається Blender, нам пропонують вибрати, чи хочемо ми вибирати за допомогою правої чи лівої кнопки миші, а також налаштування функції для кнопки "Space".

У налаштуваннях користувача можна змінити початкові параметри, кольори інтерфейсу користувача, призначення комбінацій клавіш, поведінку 3D-обертання та деякі додаткові поради. Наприклад, користувачі, які хочуть використовувати відповідні цифрові клавіші для налаштування вікна перегляду, можуть використовувати емуляцію цифрової клавіатури. Існують також опції для полегшення навігації для 3D-миші, сенсорних панелей і пристроїв з однією або двома кнопками.

Отже, налаштуємо Blender відповідно до своїх уподобань і потреб без будь-яких обмежень. Найкращою аналогією було б те, що це порожня майстерня, де можна переставляти та розфарбовувати все на свій смак.

Хоча інтерфейс користувача Blender базується на тривимірному вікні перегляду, його можна повністю налаштувати. Різні області розділені рамкою, і

кожна область має власну невелику панель інструментів, де перший пункт ліворуч є вибором типу області. Клацання правою кнопкою миші на межі дозволяє користувачеві розділяти або об'єднувати області.

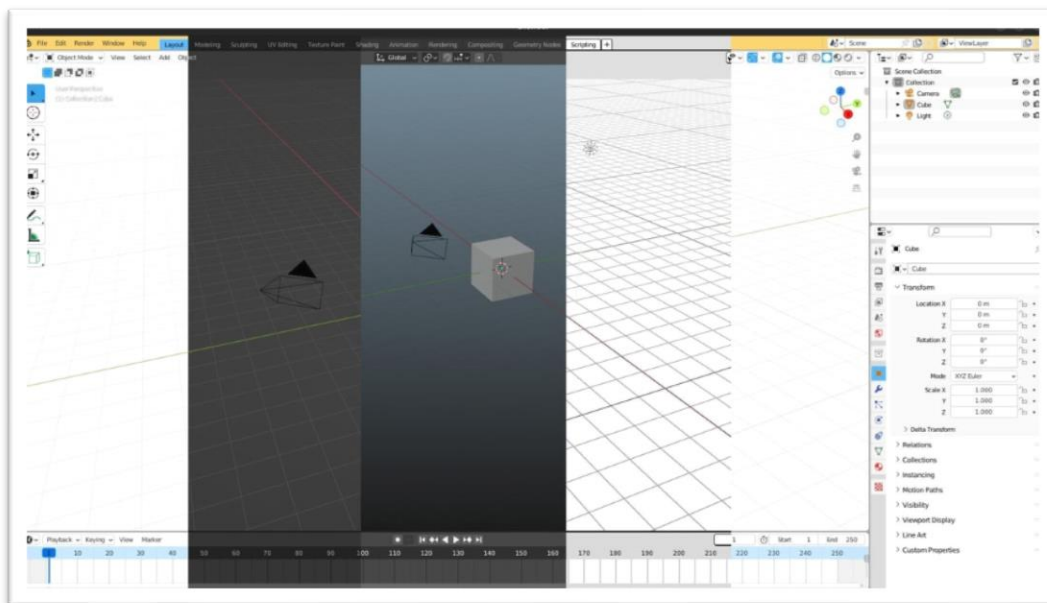


Рисунок 3.5 – Доступні стилів тем У Blender

Якщо потрібен текстовий редактор, щоб записувати примітки чи розміри як короткий довідник, можна додати їх або використовувати кілька вікон перегляду, щоб побачити різні ракурси роботи, що виконується, у реальному часі.

Як правило, під час 3D-друку можна бачити вид спереду та збоку, щоб перевірити звиси, хоча також можливо редагувати зверху або з вільного вигляду, щоб досягти бажаних функцій дизайну. Крім того, можливо налаштувати інтерфейс користувача відповідно до робочого процесу чи екрана.

У режимі перегляду за замовчуванням основні області інтересу для моделювання:

1) 3D-вікно перегляду, яке також можна перетворити на 2D-вікно перегляду для одного з класичних видів спереду, збоку чи зверху.

2) Outliner, який містить список усіх елементів у поточному файлі. Він розташований у верхньому правому куті.

3) Панель «Властивості», розташована внизу праворуч, дає вам доступ до кількох утиліт для моделювання, включаючи панель модифікаторів.

Я не змінювала розташування інструментів на панелі при першому вході, тому зараз вона має наступний вигляд (Рисунок 3.6.).

Функцій Blender забагато, щоб їх всіх перелічувати та передивлятися. Однак розглянемо основні моменти, які будуть використовуватися при моделюванні нашого майданчику.

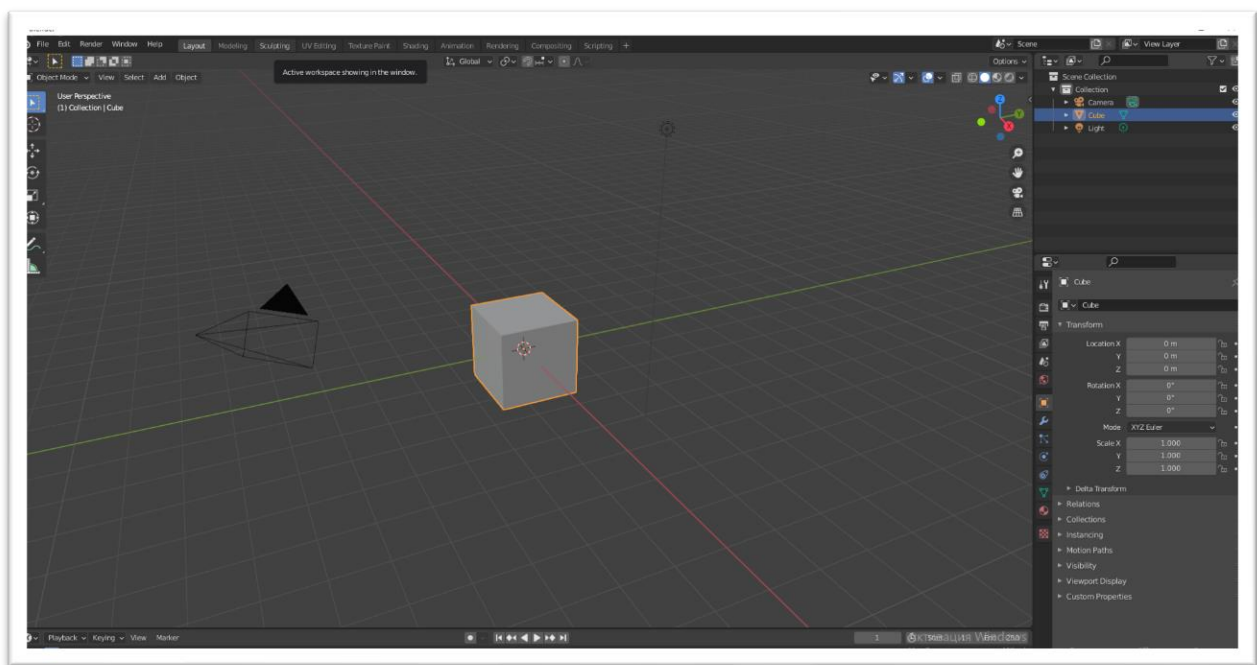


Рисунок 3.6 – Інтерфейс Blender, головна панель

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Blender — це великий набір інструментів, який дозволяє моделювати, текстурувати, оснащувати, анімувати, рендерити та редагувати створені комп'ютером зображення. Крім того, є ігровий движок (наприклад, Unity або Unreal Engine, але в цьому випадку Blender), редактор сценаріїв Python і набір інструментів для використання захоплення руху з живих моделей для анімації 3D-дизайну.

Створиння моделі, можна зробити декілька способами, за допомогою наступного функціоналу:

1) Сітки. Можна працювати з сітками, починаючи з базової форми. Це означає, що ми працюємо безпосередньо з вершинами (точками, що визначають форму), ребрами або гранями сітки. Також можливо обрати тип виділення, який бажаєте використовувати, а потім додавати, видавлювати, масштабувати, переміщувати та видаляти їх за бажанням. Однак потрібно бути обережним, створюючи сітки колекторів для експорту. У Blender є чудовий інструмент для перевірки нерізноманітних функцій. Хоча він працює лише в режимах вибору вершин або ребер, він дозволяє видаляти внутрішні функції, які потенційно можуть порушити механізми зрізу.

2) Цифрова скульптура. Цю функцію можна використовувати в режимі додавання або віднімання (тобто вказівник піднімає матеріал з об'єкта або закопується в нього). Режим ліплення включає спеціальну робочу область із багатьма різними типами пензлів, і ця робоча область ліплення може мати інший макет вікна перегляду, ніж основна робоча область.

3) Логічні операції. Логічні операції в основному використовуються для з'єднання, відрізання або вибору частин різних 3D-форм, що перекриваються. Як правило, ці операції виконуються на складних тривимірних формах, і вони

найкраще працюють на різносторонніх сітках, але їх також можна виконувати на кривих і поверхнях Без'є та NURBS.

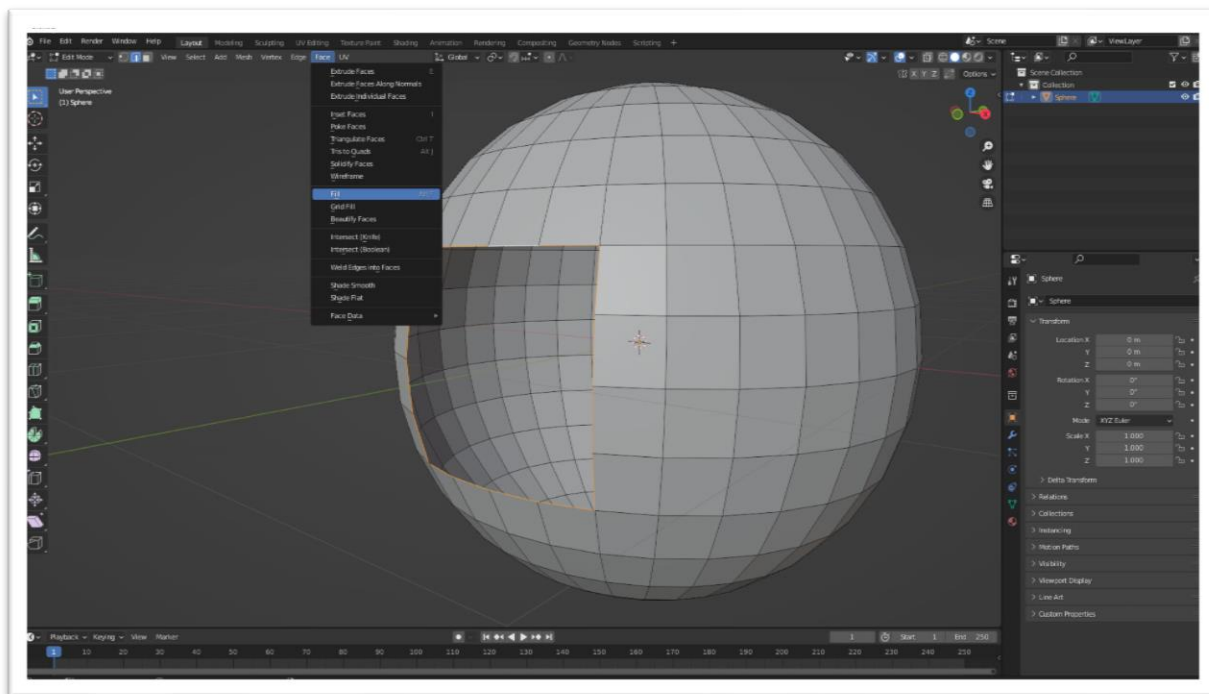


Рисунок 3.7 – Сітки в Blender

Наприклад, якщо потрібно створити ніж, можна змоделювати ручку та лезо окремо, а потім з'єднати їх за допомогою логічної операції Union. Або, якщо просто зробити піхви для ножа, можна змоделювати лезо, зовнішню частину піхів, а потім використати операцію «Різниця», щоб видалити форму леза з внутрішньої сторони піхв.

4) Візуалізація. Базовий рендер у Blender. Blender може приймати тривимірну форму, деякі визначення матеріалів (кольори, відбивна здатність, прозорість тощо) і деякі параметри камери, щоб перетворити дизайн у вашому вікні перегляду на реалістичне зображення.

Є способи поекспериментувати з освітленням або різними методами візуалізації, щоб створити зображення, схожі на мультфільми, і неймовірно фотореалістичні результати. Як правило, відтворене зображення потребує більше часу для відтворення, ніж те, що ви можна побачити у вікні перегляду, оскільки Blender використовує багато обчислень для їх створення. Ви можете вибрати різні параметри роздільної здатності та формат файлу вихідного зображення залежно від цільового використання.

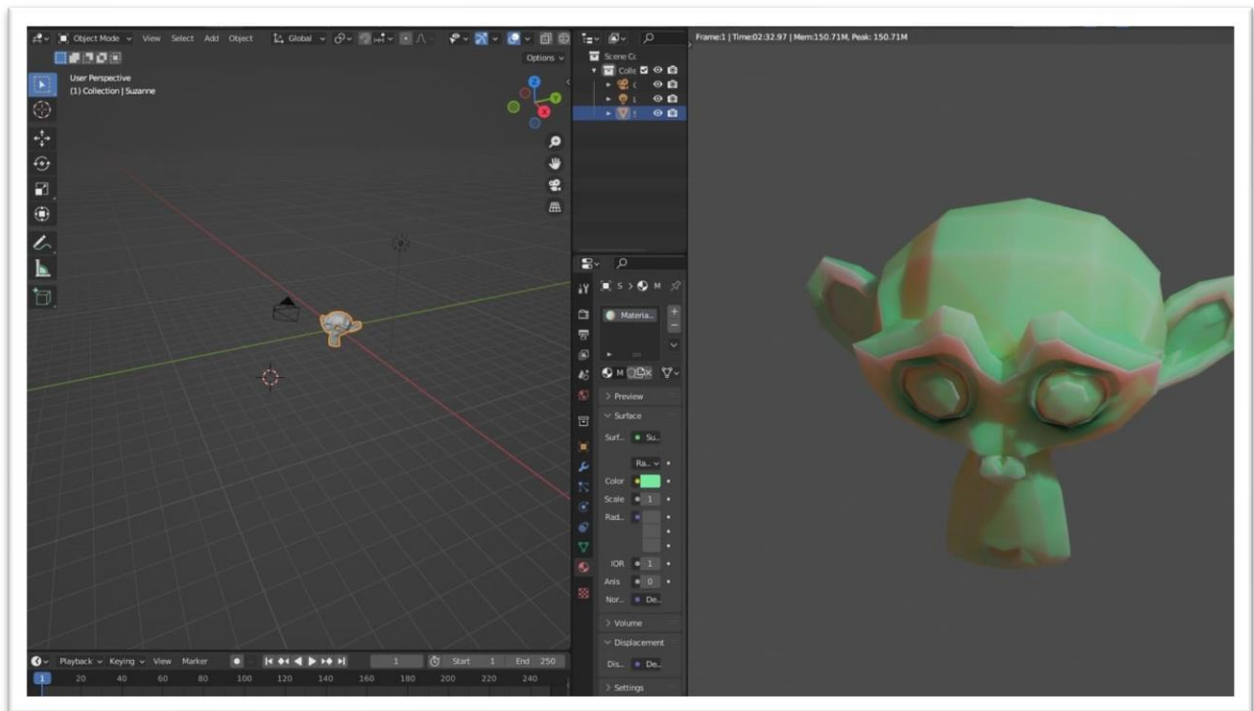


Рисунок 3.8 – Рендеринг в Blender

### 3.3 Висновки до розділу

3D-моделювання є складним процесом, але він необхідний для створення високоякісних моделей. Дотримуючись основних кроків, які були проаналізовані в цьому розділі, можливо створити чудову 3D-модель.

Завдяки створеному плану реалізації моделі майданчику та докладному розгляду інструментів та функцій, які надає програмне забезпечення Blender, можна сміливо приступати до практичної частини дипломного проєкту.

					ІК91.180БАК.002 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		45

## 4 РОЗРОБКА 3D-МОДЕЛІ МАЙДАНЧИКУ ДЛЯ ДОМАШНІХ ТВАРИН

### 4.1 Створення елементів споруд майданчику

За орієнтир моделінгу візьмемо обране обладнання та спробуємо відтворити його креслення, а після і сам 3D-об'єкт.

Першим обираємо бар'єр-круг. Поділимо об'єкт на умовні деталі, щоб мати уяву про те, як робити збірку.

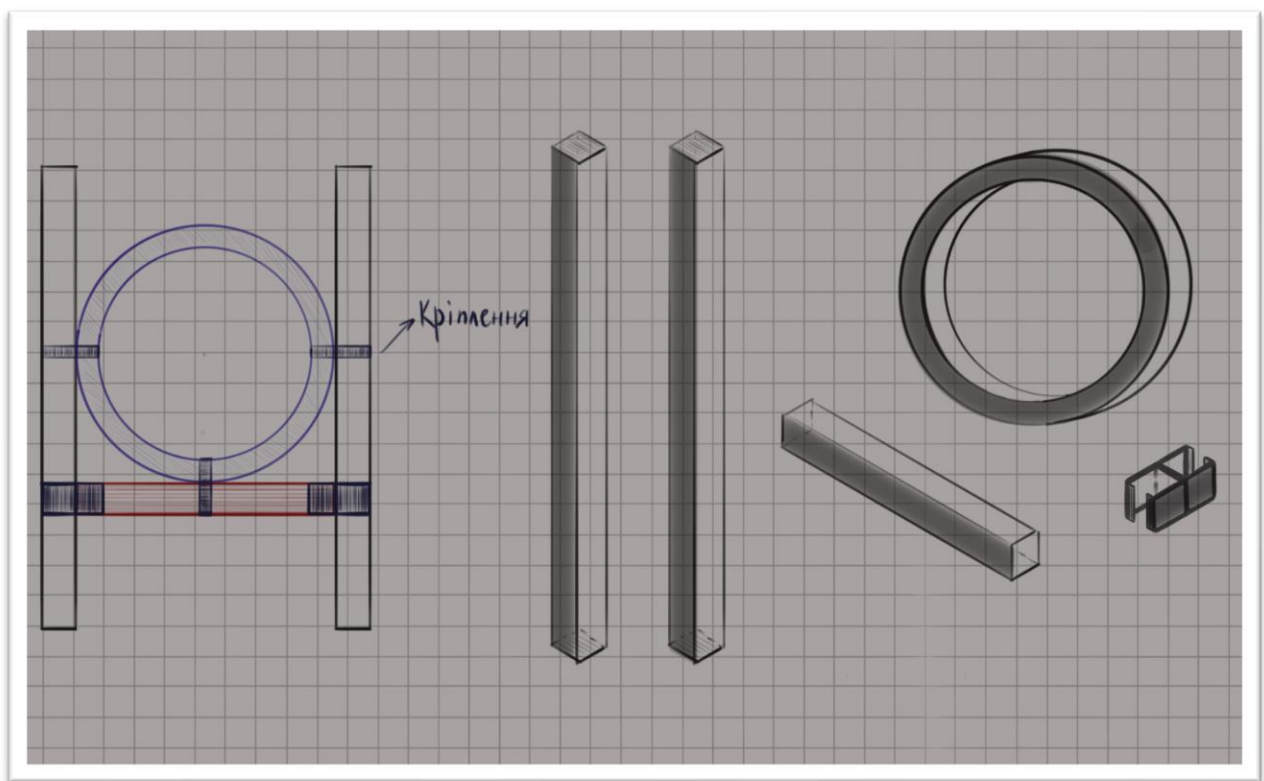


Рисунок 4.1 – Елементи бар'єр-кругу

Також накреслимо подібні бар'єри, але з різними дизайнами, щоб додати різноманітності майданчику (Рисунок 4.2).

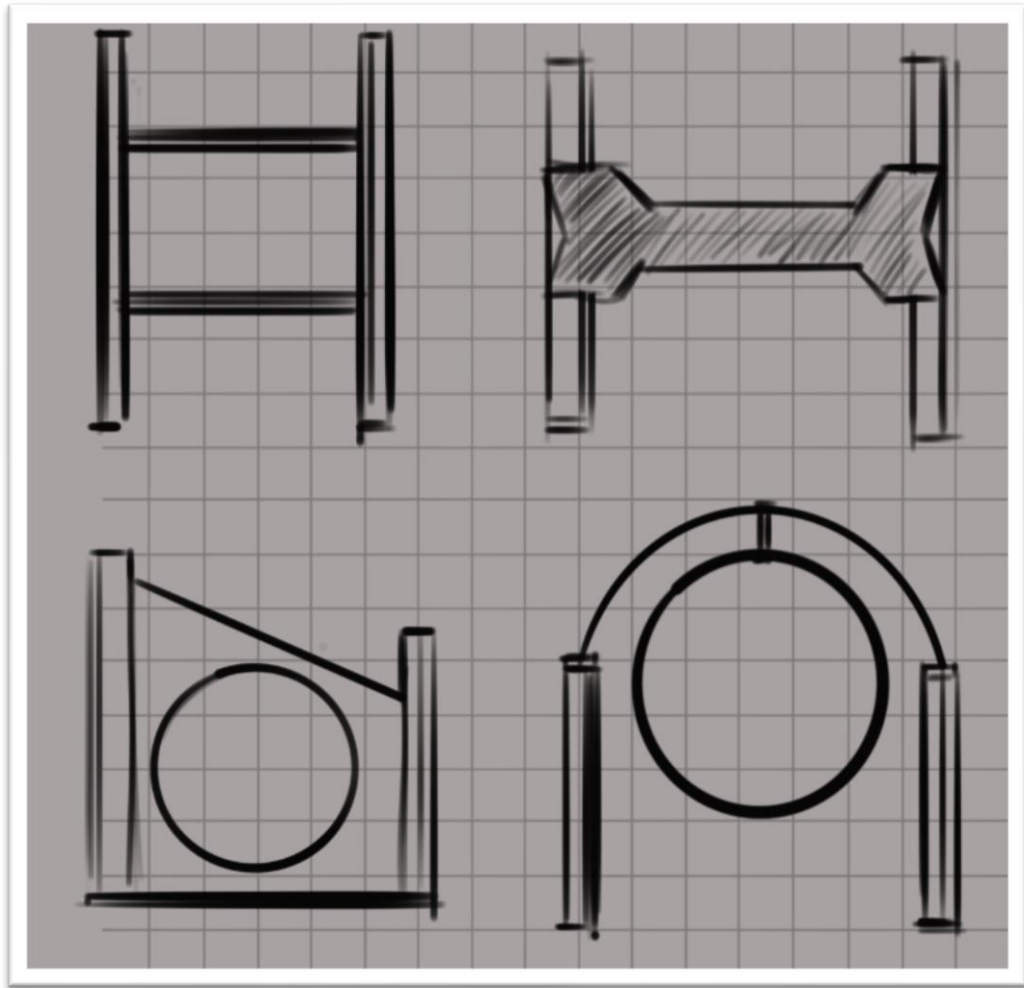


Рисунок 4.2 – Різноманітний дизайн бар'єрів для тварин

Далі почнемо створювати саму 3D-модель бар'єра. У Blender є різноманітні примітиви, такі як куби, сфери, конуси тощо. Виберіть примітив, який найкраще підходить для вашого об'єкта, і додайте його на сцену. Це можна зробити через меню "Add" (Додати) або за допомогою швидких клавіш Shift+A.

По-перше обираємо початкову форму для вашої моделі, додаємо куб в наш робочій простір (базова форма - яка називається "меш" у Blender) та редагуємо його згідно попереднього начерку. Створюємо стовпець, для цього потрібно

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

скомбінувати клавіши S+X/Y/Z. Дана комбінація дозволяє нам «ліпити» елемент, як ми побажаємо, згідно з осями координат. Використовуємо різні інструменти для моделювання, такі як переміщення вершин, ребер і граней, масштабування, обертання, додавання нових геометричних об'єктів і багато іншого.

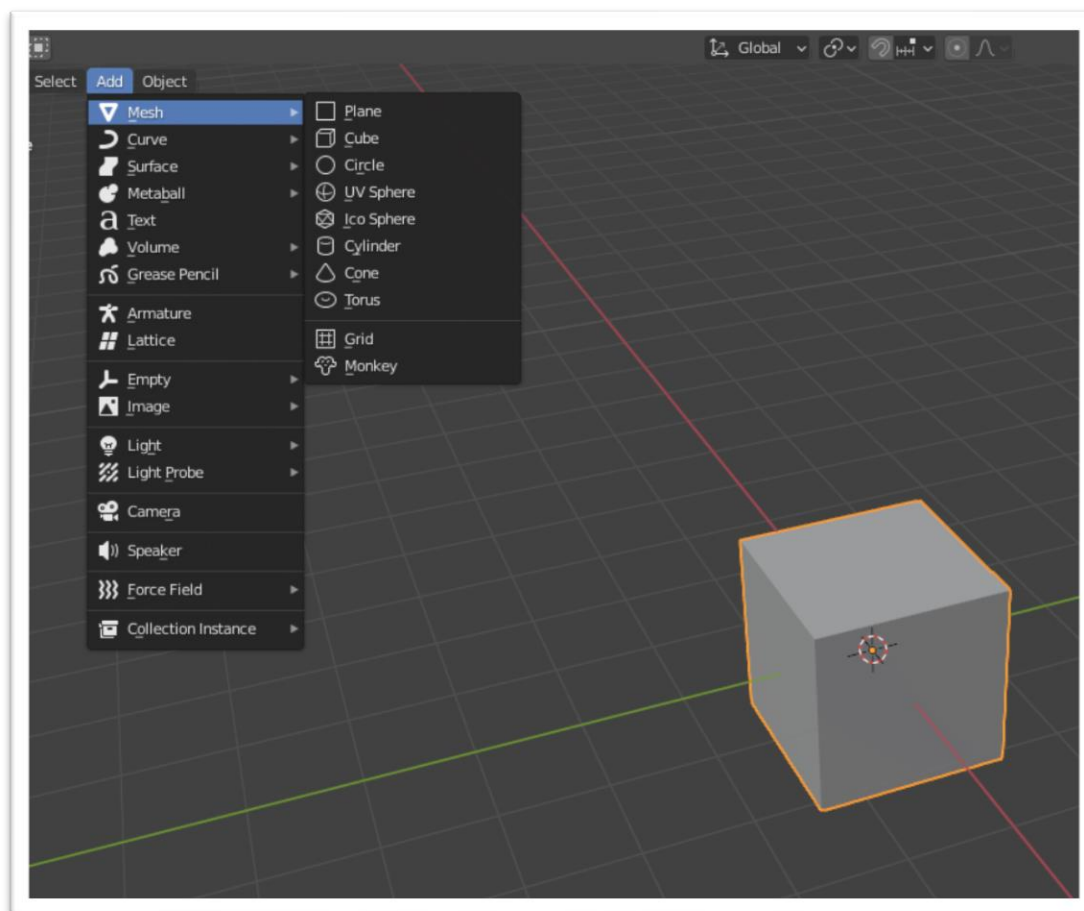


Рисунок 4.3 – Спосіб додавання елемента в середу розробки

Надалі, можемо додати модифікатор та зробити нашу деталь більш гладкою через інструмент «Фаска». Після чого продовжуємо додавати інші базові форми, а саме куб, для того, щоб створити каркас. Після додавання примітиву можемо редагувати його форму, розмір, розташування та орієнтацію. Вибираємо

об'єкт, виберіть режим редагування (Edit Mode) і використовуємо різні інструменти моделювання, такі як переміщення, масштабування і обертання, щоб змінити форму об'єкта за вашим бажанням.

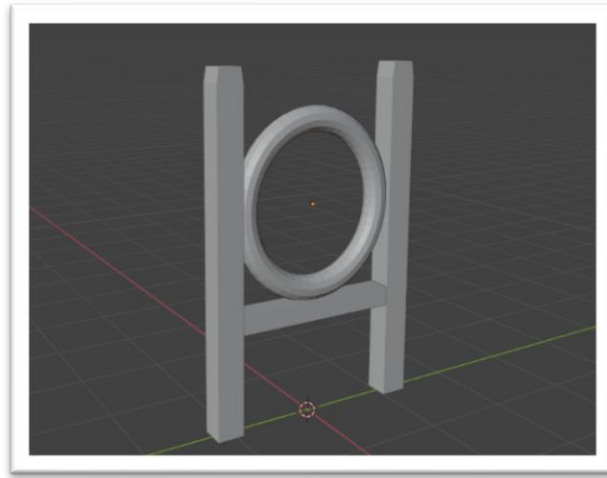


Рисунок 4.4 – Створений каркас із базових моделей

Також використаємо елемент «Torus», кільце, робимо всі ті ж самі налаштування (Рисунок 4.4.). Робимо кріплення та отримуємо кінцеву модель бар'єру (Рисунок 4.5.).

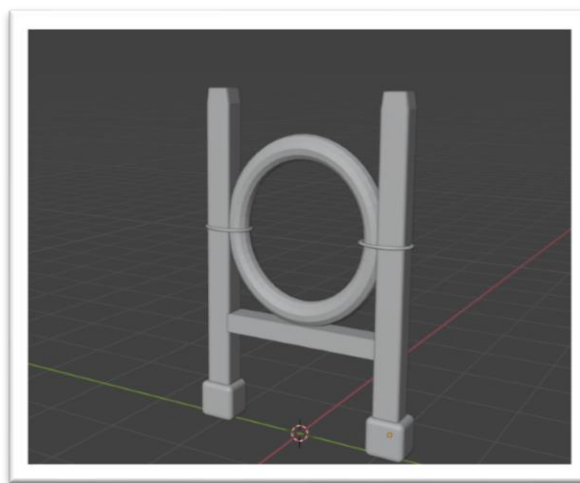


Рисунок 4.5 – 3D-об'єкт - бар'єр-круг

Продовжимо створення об'єктів, роздивимось декілька з них для прикладу, перед створенням загальної сцени майданчику. Обираємо комплекс для котів/собак. Зробимо першочергове креслення та оберемо референси для роботи.

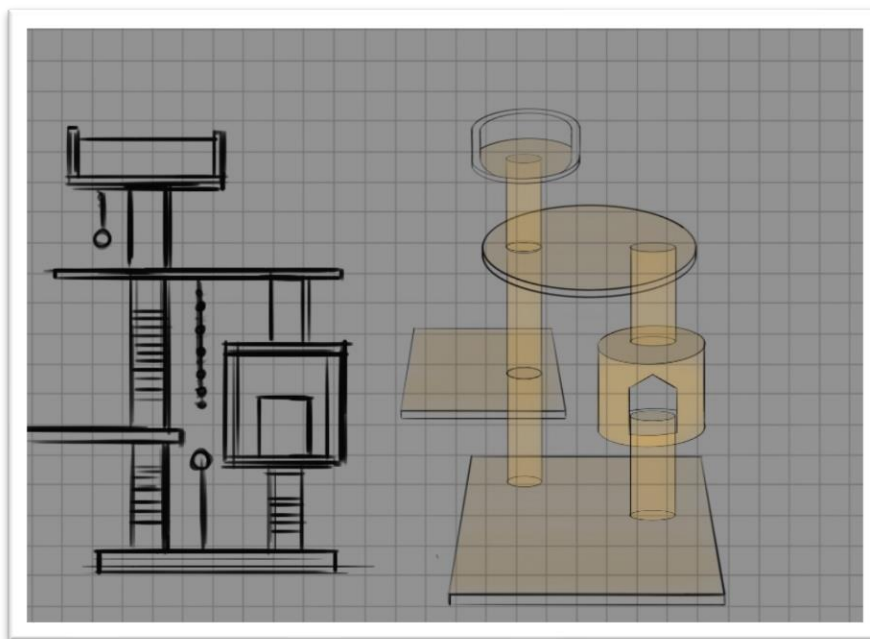


Рисунок 4.6 – Креслення елементів комплексу для тварин



Рисунок 4.7 – Приклади комплексу для тварин

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Почнемо однаково. Створимо та налаштуємо куб під платформу для комплексу, а потім робимо дубль нашої площини та використовуємо Bool tool та його налаштування «Difference», вирізаємо частину площини. Додаємо циліндр та продублюємо його три рази, виставимо висоту.

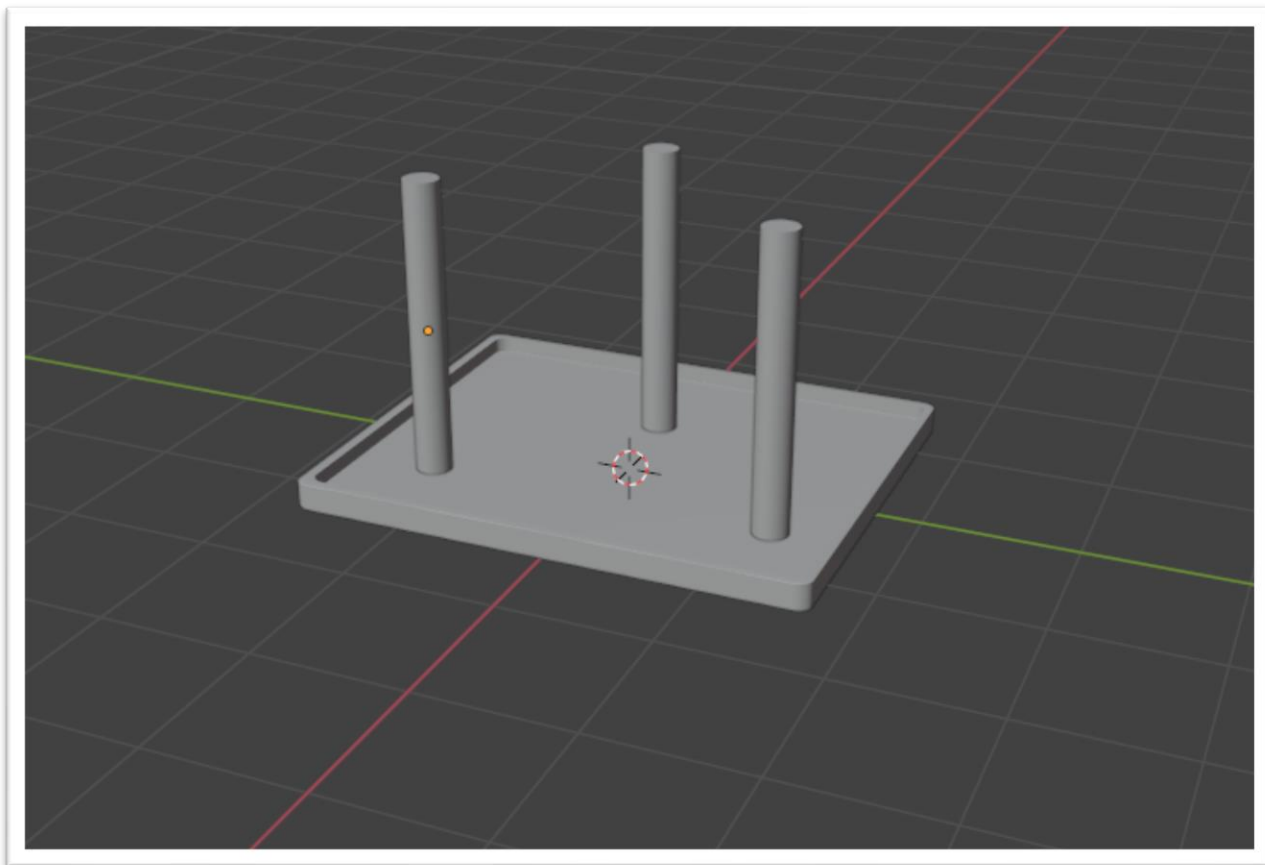


Рисунок 4.8 – Створення елементів для збірки комплексу

Повторюємо площину та відкоригуємо її по осі Z. Створюємо ще один циліндр та вирізаємо в нього середню частину, щоб вийшла виїмка, де тварини могли би відпочити. Дублюємо їх та налаштуємо розташування. Потрібні елементи з'єднуємо в групу за допомогою Ctrl+J.

Проробимо всі етапи з новим доданим циліндром. Придаємо йому форму

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

шайби та також робимо «Difference» через Bool tool. Bool Tool надає розширені можливості для роботи з булевими операціями в моделюванні. Він має не тільки операцію віднімання (Difference) для створення отворів або прорізів в об'єктах. Наприклад, як ми вже вирізали отвір у формі циліндра, використовуючи циліндр по менше як інструмент віднімання. Також він дозволяє об'єднувати (Union) два або більше об'єктів у новий об'єкт, який представляє їх об'єднану форму, створити перетин (Intersection), тобто створення нового об'єкта, який представляє область перетину двох об'єктів. Це може бути корисно для створення складних перетинів або спільних областей між об'єктами. Та на останок є ще інструмент перехрестя (Slice) - це розрізання об'єкта за допомогою площини або об'єкта-площини. Можна використовувати цю операцію, щоб розділити об'єкт на дві частини або створити нові границі внутрішньої геометрії.

Bool Tool спрощує процес моделювання та дозволяє швидше створювати складні форми та об'єкти.



Рисунок 4.9 – Змодельована частина комплексу

Далі перейдемо до другої частини. Дублюємо площину, додаємо нові об'єкти за допомогою базових форм. Налаштовуємо фаску, вигляд, опору, розміщення та отримуємо готову візуалізацію комплексу для котів або маленьких собак.

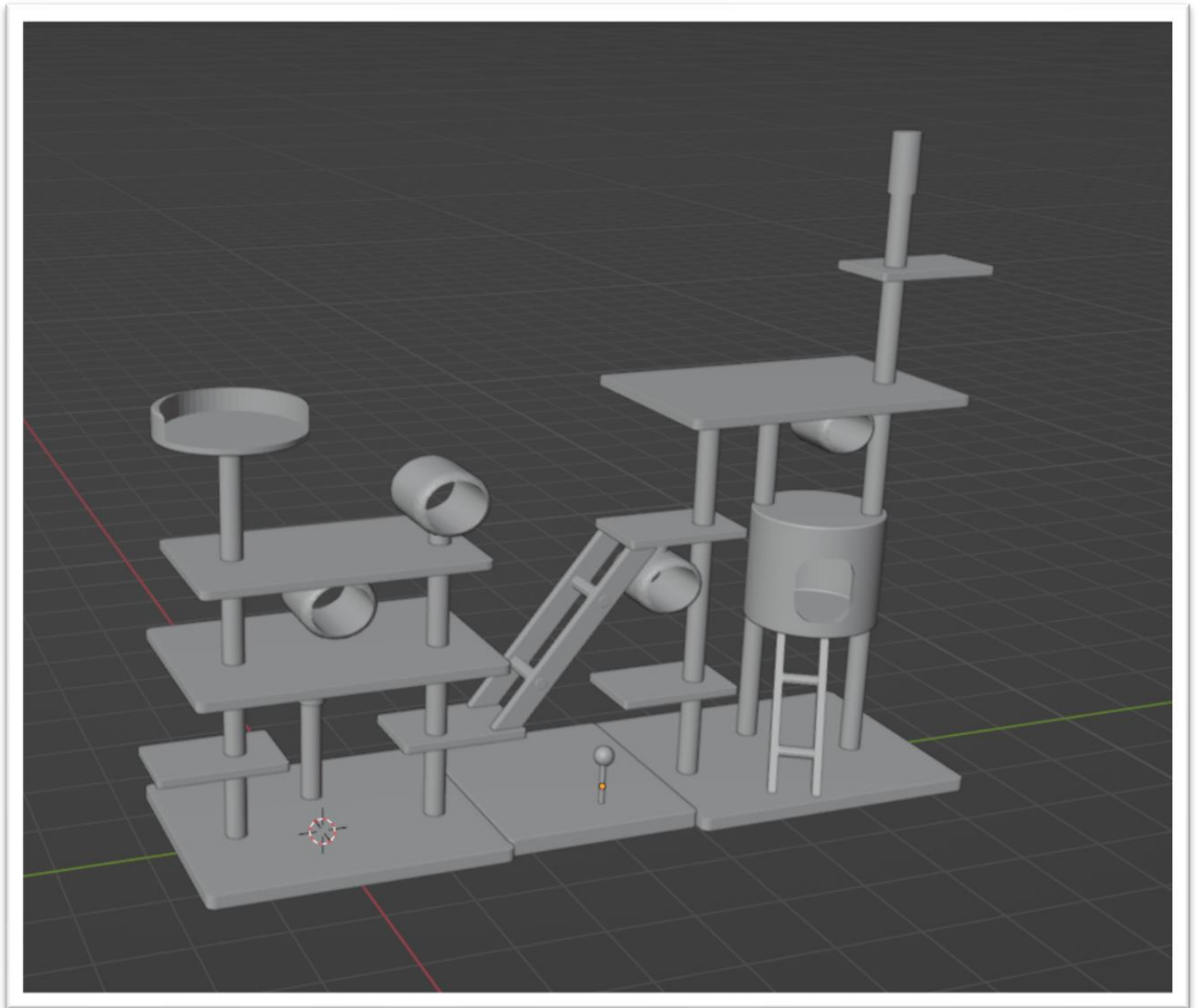


Рисунок 4.10 – 3D-об'єкт - комплекс для тварин

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

ІК91.180БАК.002 ПЗ

Арк.

53

Роздивимось створення наступного об'єкту – трамплін. Початок не змінюємо. Додаємо куб, налаштуємо під дощечку і далі створюємо подібні площини в протилежних сторонах, виставляємо кут нахилу, та переходимо в Edit Mode.

У Blender існує інструмент під назвою Bisect, який надає можливості для розбиття об'єктів на дві частини за допомогою площини або лінії. Розбиття об'єкта площиною: можна вказати площину або рівень, що проходить через об'єкт, і використати інструмент Bisect, щоб розділити його на дві частини вздовж цієї площини. Це корисно, коли потрібно розділити об'єкт на декілька незалежних частин або створити нові границі. У нашій роботі ми будемо застосовувати другий спосіб - розбиття об'єкта лінією, коли замість площини, можна вказати лінію або грань, і інструмент Bisect розділить об'єкт на дві частини вздовж цієї лінії. Це дозволяє точніше контролювати місце розбиття об'єкта і створювати складніші розрізи.

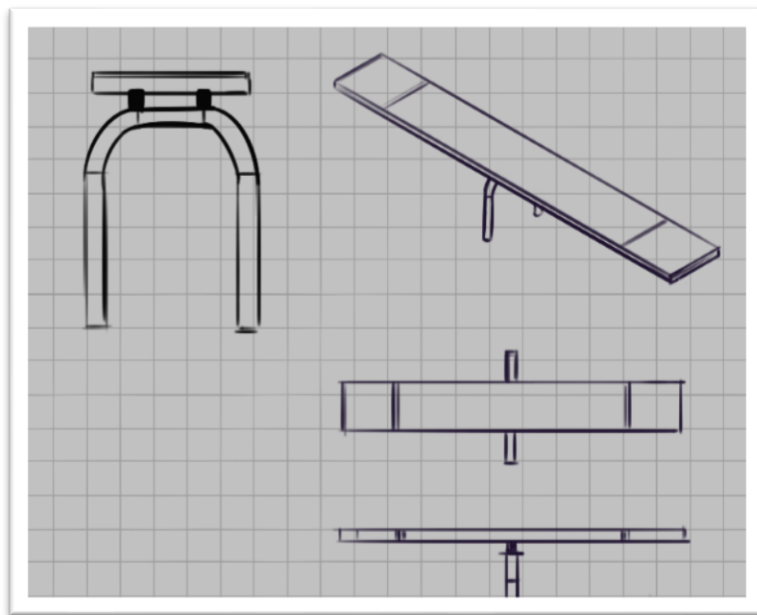


Рисунок 4.11 – Начерк гойдалки-трампліна для тварин

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Після чого ми можемо видалити або зберегти частини, що обрали. Це дозволяє з легкістю редагувати форму об'єкта, вирізати отвори або створювати складні розрізи.

Через Bisect обрізаємо нижню частину елемента, щоб трамплін міг стояти на землі. Створюємо опори для нього, та робимо в них отвір. Створюємо циліндр та за допомогою модифікатора Array збільшуємо їх кількість та місце розташування. Корегуємо та додаємо деталі і отримуємо візуалізацію трампліна для тварин.

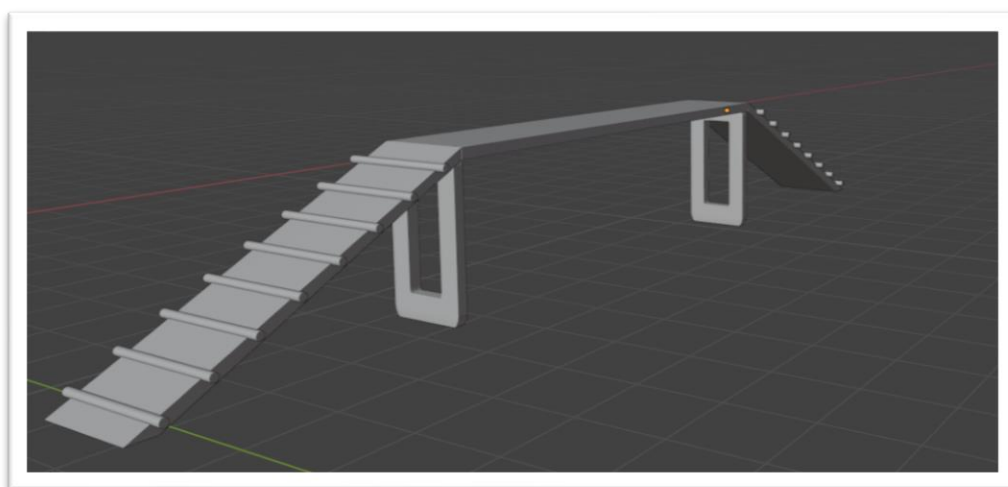


Рисунок 4.12 – Начерк трампліна для тварин

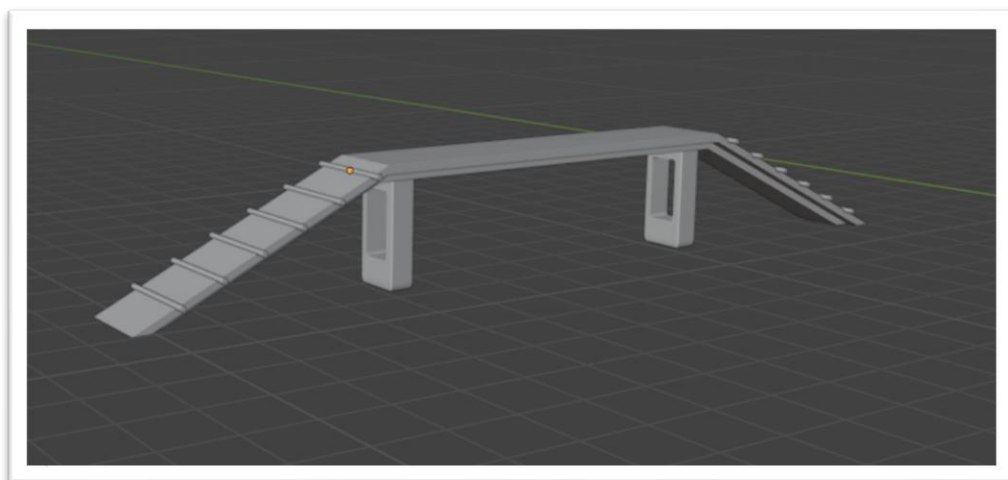


Рисунок 4.13 – 3D-об'єкт - трамплін

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Всі начерки та малюнки створювались за допомогою програми Procreate.

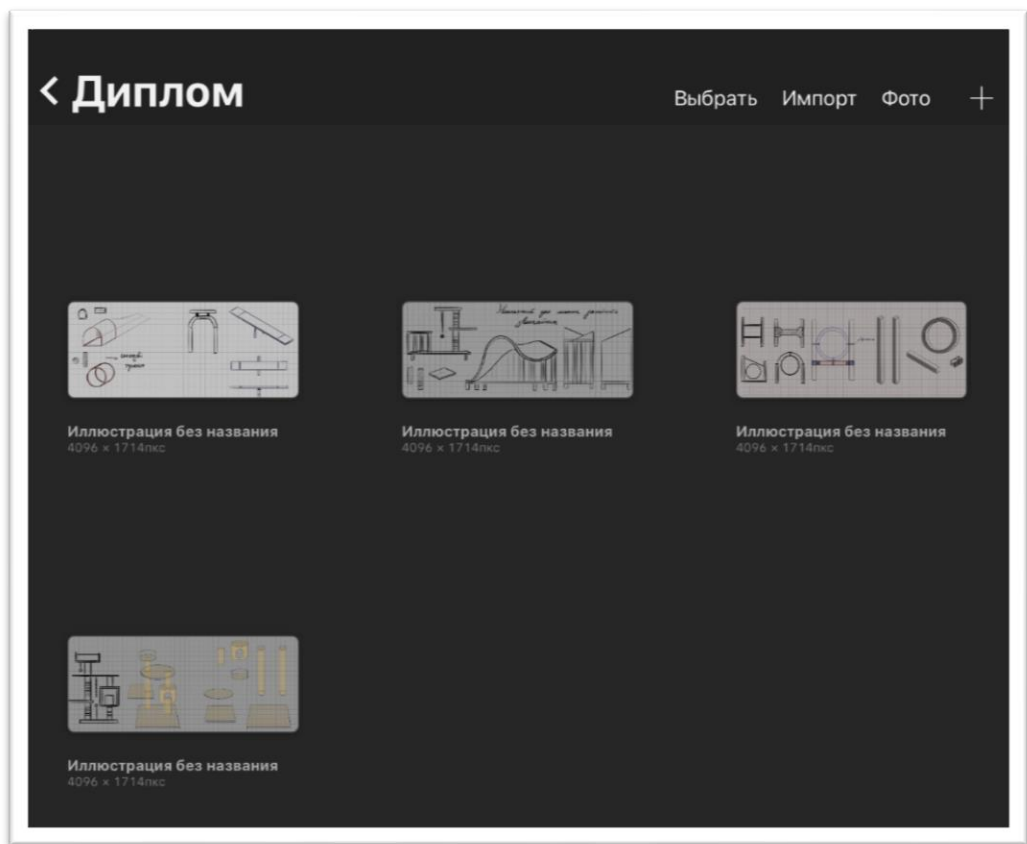


Рисунок 4.14 – Интерфейс программы Procreate

## 4.2 Розробка повноцінної моделі проєкту

Приступимо до створення загальної 3D-моделі майданчику для домашніх тварин. Створимо «територію», доповнимо її та розмістимо моделі обладнання.

Додаємо базову форму, а саме куб, в новостворений файл. Використаємо Loop Cut для створення додаткових петель на сітці (Рисунок 4.14.). Ці крайові петлі можуть бути корисними для додавання більше геометрії до моделі або для виконання точних розрізів у певних областях. Ми на самперед використаємо цей

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

інструмент, ще й для того, щоб додати на певні частини створеної бази кольори.

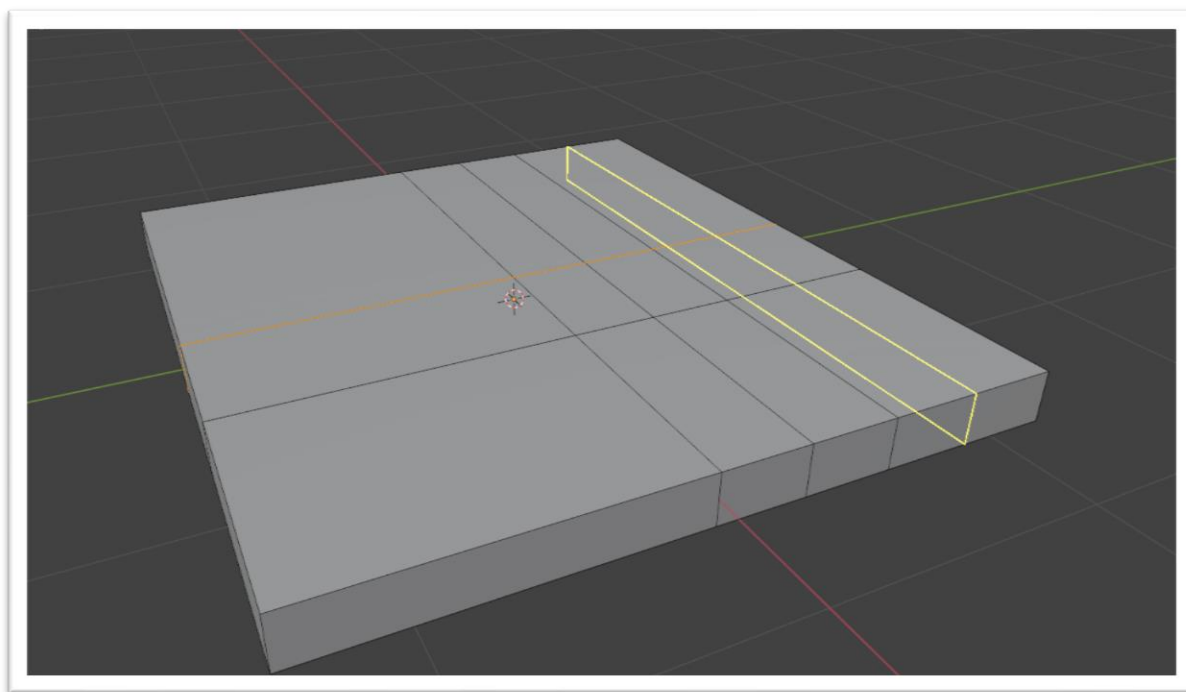


Рисунок 4.15 – Застосування Loop Cut в Blender

Тоді, як додамо розділень на майданчику також добавимо деталей до місцевості – кущі, дерева тощо.

Після додавання базових форм та редагування їх приступимо до створення огорожі. Створюємо та налаштуємо куб, його висоту та розміри. Далі застосовуємо інструмент Extrude Region, який ми також використовували при створенні дерев.

Операція Extrude Region відноситься до процесу розширення або витягування вибраної області вершин, ребер або граней у 3D-моделі. Це дозволяє створювати нову геометрію шляхом дублювання та розширення частини існуючої сітки.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

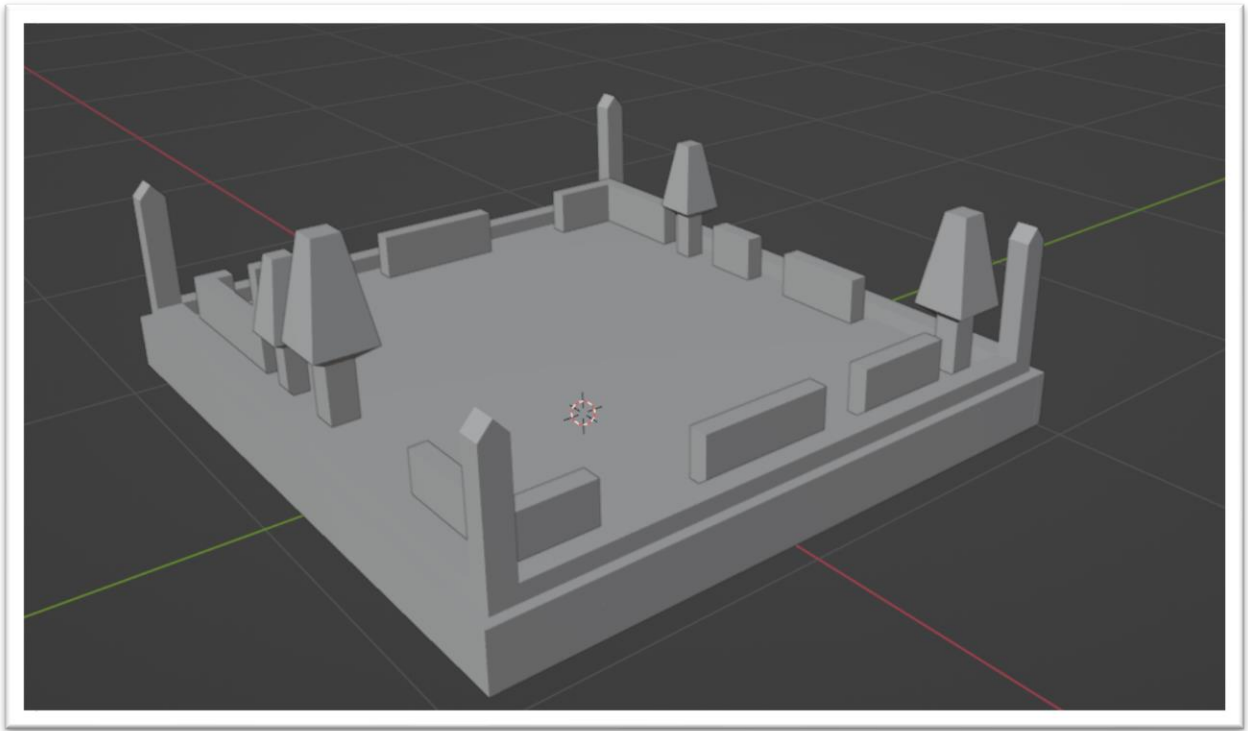


Рисунок 4.16 – Створення місцевості майданчику

Коли ви витягуєте область, ви, по суті, створюєте копію вибраної геометрії та переміщуєте її в заданому напрямку. Ця операція особливо корисна для додавання глибини, створення виступів або формування нових форм у моделі.

Додамо ще дві області до верхньої частини налаштованого кубу та знов використаємо Loop Cut, що додати ще площин для роботи. Моделюємо вже знайомими методами деталь, звужуємо та розширюємо, де потрібно.

Після опрацювання елемента огорожі, переходимо до модифікаторів та додаємо кількість, використовуючи модифікатор Array. Таким чином ми дублюємо наш елемент та встановлюємо огорожу по периметру майданчику.

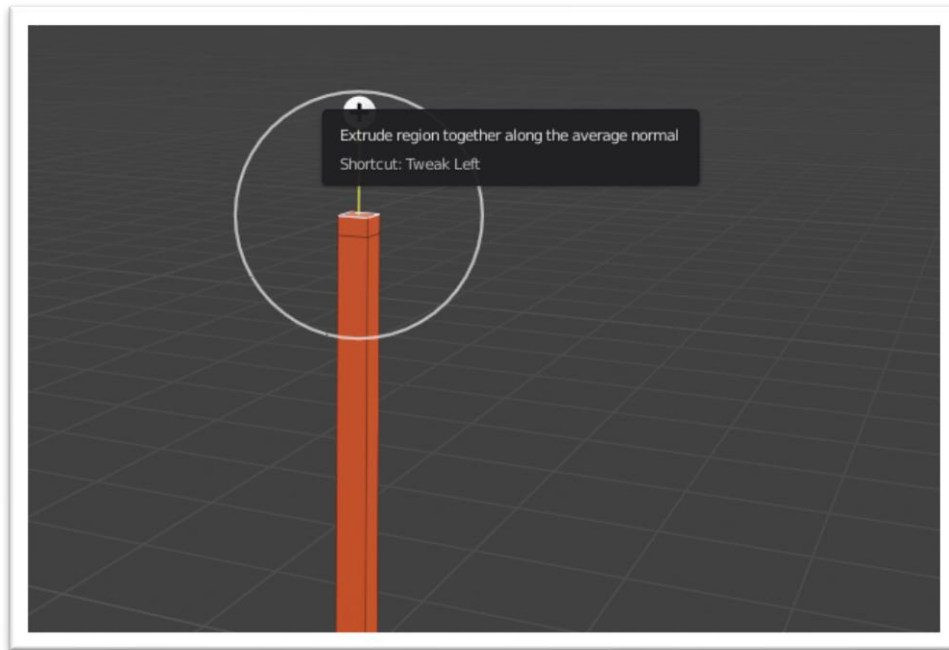


Рисунок 4.17 – Використання Extrude Region для створення огорожі

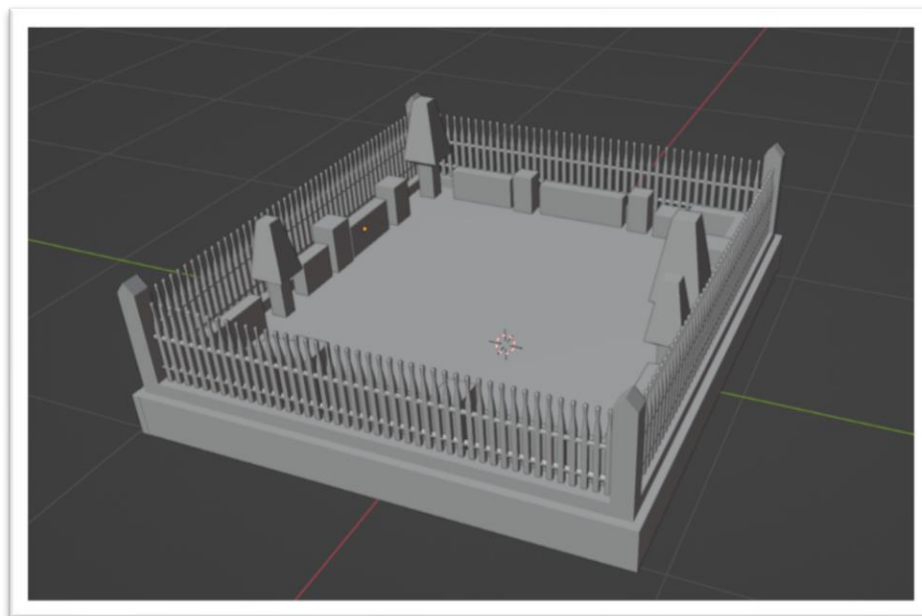


Рисунок 4.18 – Створення огорожі майданчику

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

ІК91.180БАК.002 ПЗ

Арк.

59

Пропрацюємо для кожної сторони майданчика огорожу та перейдемо до додавання до цього створених моделей. Розміщуємо їх на майданчику та переходимо до додавання деталей.

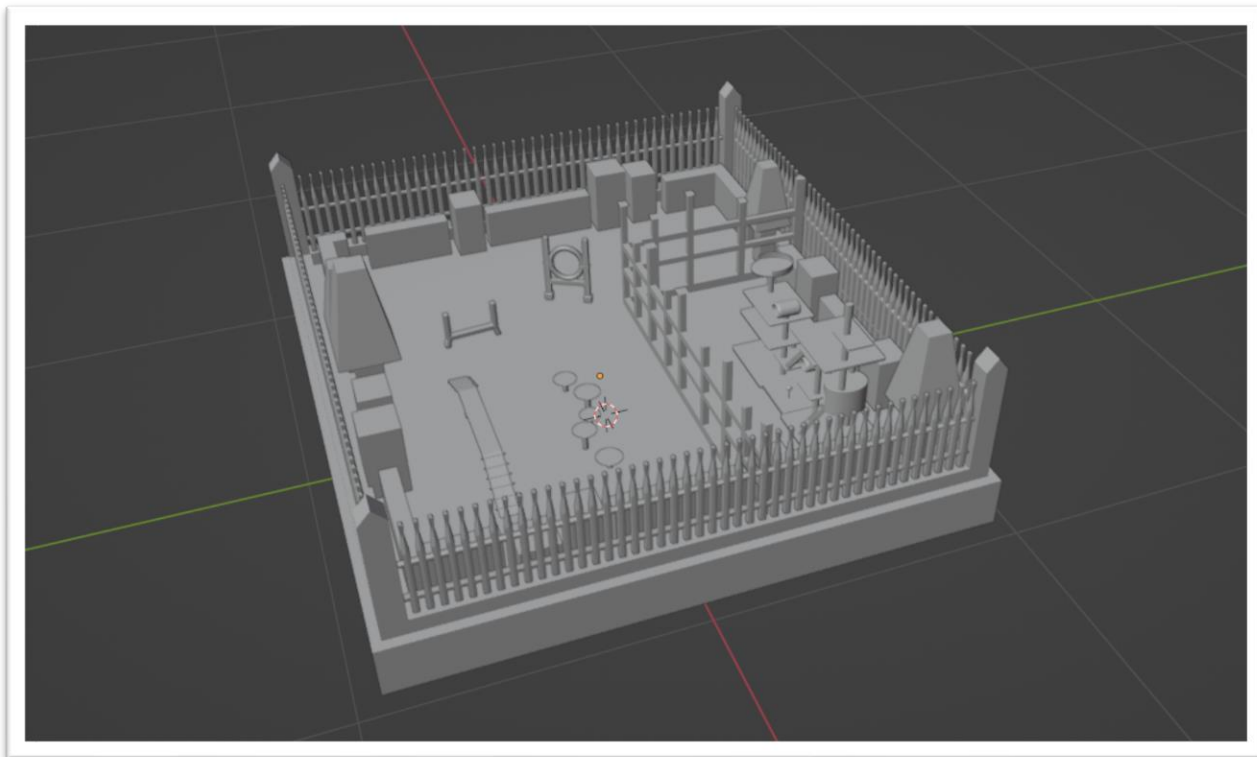


Рисунок 4.19 – 3D-модель майданчика для домашніх тварин

### 4.3 Рендерінг та візуалізація

У Blender властивості матеріалу стосуються характеристик і атрибутів, призначених об'єктам, які визначають, як вони виглядають і взаємодіють зі світлом. Матеріали визначають візуальний вигляд, властивості поверхні, текстури та інші аспекти об'єктів у сцені.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Спочатку використаємо таку властивість, як базовий колір. Ця властивість визначає колір матеріалу. Він визначає дифузний колір поверхні об'єкта.

Окрім цього Material Properties контролює металевість матеріалу. Значення 0 означає, що матеріал неметалевий, тоді як значення 1 означає повністю металевий. Також шорсткість, віддзеркалення, випромінювання, прозорість, текстури. Blender підтримує різні типи текстур, які можна застосовувати до матеріалів, наприклад текстури зображення, процедурні текстури та текстури шуму. Ці текстури можуть додати деталей, візерунків і варіацій зовнішньому вигляду матеріалу.

Налаштовуючи властивості цих матеріалів, вийде створити широкий спектр візуальних ефектів, імітувати різні матеріали (такі як метали, скло, пластик або тканину) і керувати реакцією об'єктів на освітлення у ваших сценах Blender.

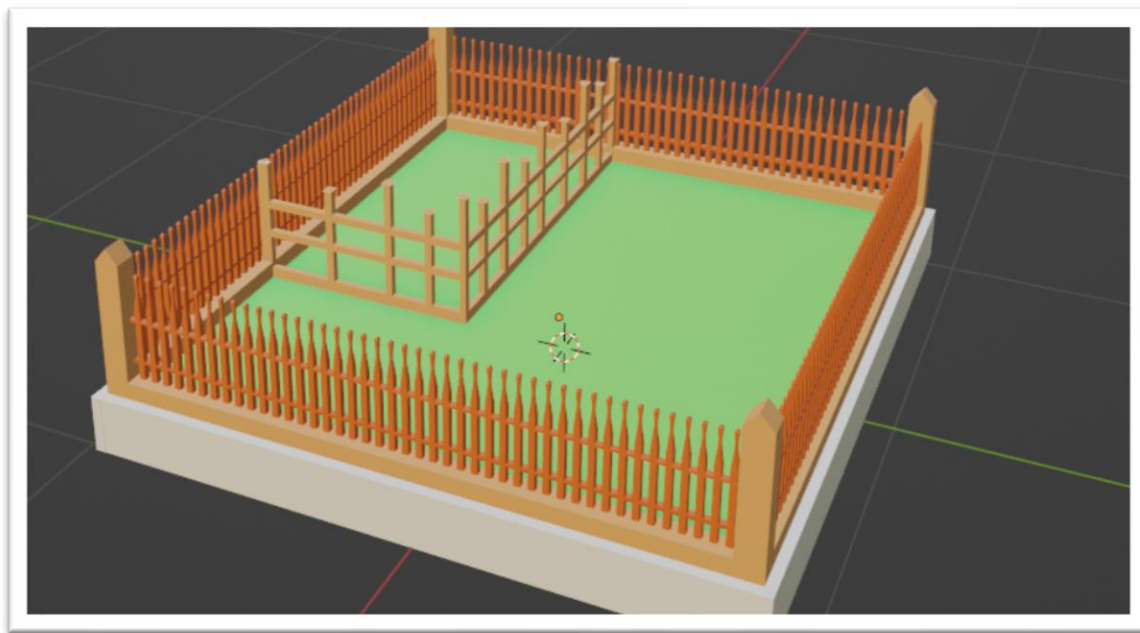


Рисунок 4.20 – Налаштування Material Properties для майданчику

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Після налаштування базових кольорів для території майданчику перейдемо до налаштування кольорів самих споруд.

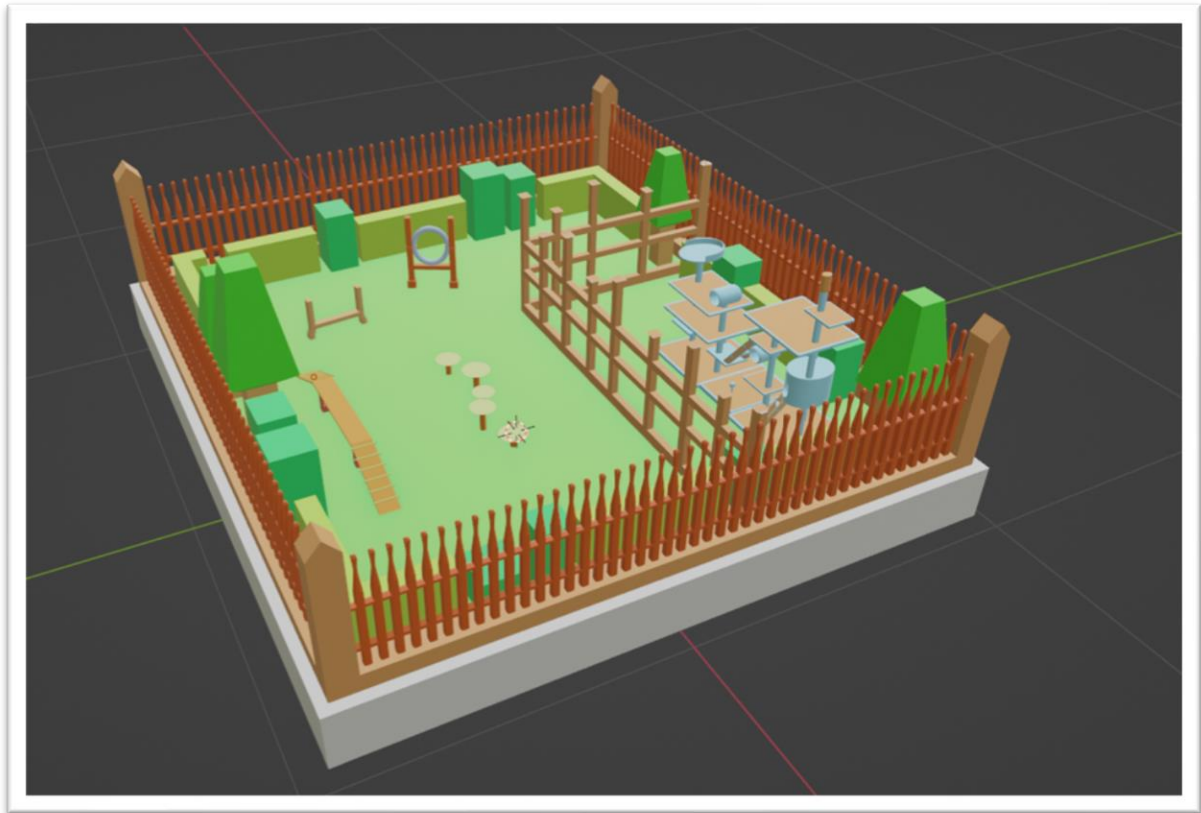


Рисунок 4.21 – Базові кольори для 3D-моделі майданіку

Рендеринг у Blender – це процес створення фотореалістичних або стилізованих зображень чи анімацій за допомогою програмного забезпечення Blender. Blender надає потужні інструменти для створення тривимірних моделей, текстур, освітлення та камери, а також надає кілька методів рендерингу.

У Blender доступні такі методи рендерингу:

1. Blender Render (Blender Internal): Це старий метод рендерингу у Blender, який використовує свою власну систему освітлення та матеріалів. Він пропонує

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

швидкий робочий процес та деякі унікальні функції, але зазвичай використовується для нереалістичних чи стилізованих зображень.

2. Cycles: Це фізично коректний метод рендерингу, який використовує трасування шляхів для створення реалістичних зображень. Cycles підтримує глобальне освітлення, відображення, заломлення, глибину різкості та інші ефекти. Він також дозволяє використовувати GPU для прискорення процесу рендерингу.

3. Eevee: Це реал-тайм движок рендерингу, який пропонує швидкий перегляд та інтерактивну візуалізацію. Eevee використовує методику растеризації, що дозволяє досягти високої швидкості роботи, але може не забезпечувати такий самий рівень фотореалізму, як Cycles.

Для рендерингу нашої моделі будемо використовувати метод Cycles. Щоб налаштувати рендерингу з використанням двигуна Cycles у Blender налаштуємо параметри сцени: переходимо у вкладку "Scene" у вікні властивостей (Properties).

Розмістимо та налаштуємо джерела світла: у Cycles можна використовувати різні типи джерел світла, такі як точкові, спрямовані або майданні. Розмістимо джерела світла в сцені та налаштуємо параметри, такі як інтенсивність, колір і тіні.

Після цього запустимо процес рендерингу: нажmemo на кнопку "Render" у верхній частині вікна Blender, щоб запустити процес рендерингу. Blender почне обчислювати кожен піксель зображення, і результати будуть відображатися в міру їхньої готовності.

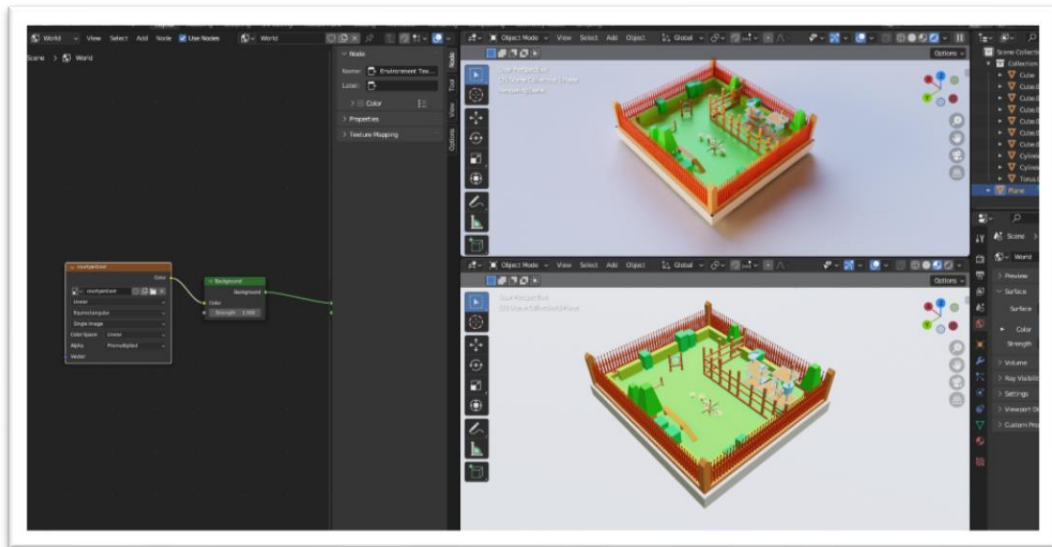


Рисунок 4.22 – Процес налаштування рендеру зображення

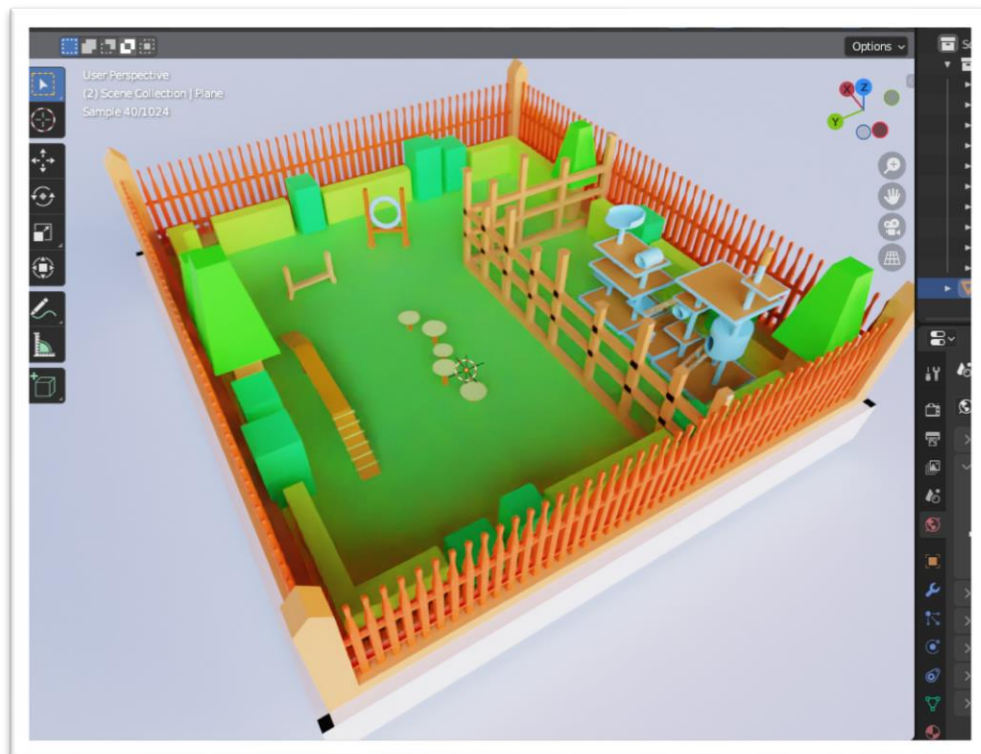


Рисунок 4.23 – Результат рендеренгу 3D-моделі

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

#### 4.4 Висновки до розділу

Використання Blender дозволило створити деталізовану модель майданчика, що відповідає поставленим потребам та фантазії. Ми зрозуміли та опрацювали загальний дизайн майданчика для домашніх тварин, який хотіли створити.

Використовуючи різноманітні інструменти Blender, змогли створити основну форму майданчика та його обладнання. Додали деталей до моделі та створили загородки, використовуючи куби або площини, а потім модифікували їх форму та розмір. Спробували додати різноманітності в майданчик, щоб він відповідав смакам не тільки чотирилапих друзів, а ще й їх власників.

Використовуючи властивості матеріалів Blender, встановили колір, текстуру та інші візуальні атрибути для кожного об'єкта на майданчику. Останнім етапом буде налаштували освітлення та зробили рендеринг.

## ВИСНОВКИ

Створення 3D-моделі та 3D-візуалізація загалом є важливими етапами в багатьох галузях, включаючи графіку, дизайн, архітектуру, виробництво та багато інших. Ці процеси дозволяють створити реалістичні, деталізовані та привабливі моделі, які можуть бути використані для різних цілей.

В свою чергу, програми для 3D-моделювання надають широкий спектр інструментів для моделювання, текстурування, освітлення та анімації об'єктів. Важливо мати хороше розуміння форм, пропорцій, матеріалів та освітлення, щоб створити реалістичну 3D-модель.

В процесі виконання дипломної роботи було досягнуто поставлену мету, а саме створення 3D-моделі майданчику для домашніх тварин, який дозволить улюбленцям зустрічатися та взаємодіяти з іншими тваринами, що буде сприяти розвитку їх соціальних навичок та покращенню поведінки. Так як домашні тварини потребують відповідного простору для фізичної активності та розваг, майданчик зможе дозволити їм безпечно гуляти та розгулюватися, зменшуючи ризик втечі або контакту з небезпечними предметами або рослинами.

Отже, у ході дослідження була успішно розроблена 3D-модель майданчика для домашніх тварин. Ця модель враховує потреби та безпеку тварин, забезпечуючи їм комфортне і безпечне середовище. В процесі моделювання було приділено увагу деталізації та реалістичності майданчика. Застосовувались відповідні текстури, освітлення та матеріали, щоб створити візуально привабливу та автентичну модель.

					ІК91.180БАК.002 ПЗ	Арк.
						66
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Результати роботи мають практичне значення для тваринницьких установ, власників домашніх тварин та дизайнерів, які працюють у цій сфері. 3D-модель майданчика допомагає попередньо оцінити його вигляд та функціональність.

					ІК91.180БАК.002 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		67

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ МАТЕРІАЛІВ І ЛІТЕРАТУРИ

1. 3D-моделювання та візуалізація від компанії KOLORO. URL: <https://koloro.ua/ua/3d-modelirovanie-i-vizualizaciya.html> (дата звернення 18.09.2021).
2. Кращі програми для 3D-моделювання. URL: <http://hi-news.pp.ua/tehnka-tehnologyi/8831-krasch-programi-dlya-3d-modelyuvannya.html> (дата звернення 14.11.2019).
3. 3D-графіка: актуальність, напрями та думка експерта. URL: <https://univerpl.com.ua/blog/3d-grafika-aktualnist-napryami-ta-dumka-eksperta/> (дата звернення 03.07.2022).
4. Blender 3D: Noob to Pro/Meshes and Edit Mode. URL: [https://en.wikibooks.org/wiki/Blender\\_3D:\\_Noob\\_to\\_Pro/Mesh\\_Edit\\_Mode](https://en.wikibooks.org/wiki/Blender_3D:_Noob_to_Pro/Mesh_Edit_Mode) (дата звернення 08.01.2022).
5. Top 10: The Best 3D Modeling Software. URL: <https://all3dp.com/1/best-free-3d-modeling-software-3d-cad-3d-design-software/> (дата звернення 10.02.2023).
6. The 11 best 3d modeling software packages. URL: <https://www.rendernode.com/3d-modeling-software/> .
7. «Вухастий острів» - облаштування майданчика для виходу та дресирування собак. URL: <https://slavutyich.pb.org.ua/projects/archive/103/show/4> (дата звернення 05.09.2017).
8. Commercial dog park equipment. URL: <https://adventureplaysystems.com/product/categories/dog-parks/> .

9. Area Dog Parks. URL: [https://www.arl-iowa.org/pet-help/resources-for-pet-owners/area-dog-parks/?gclid=CjwKCAjw1YCKBhAOEiwA5aN4AcKMPWR67ysy9NiU\\_yKg6mlgds9DQklhUqNjEBtjb7eb308ZjnazcxoCfWsQAvD\\_BwE](https://www.arl-iowa.org/pet-help/resources-for-pet-owners/area-dog-parks/?gclid=CjwKCAjw1YCKBhAOEiwA5aN4AcKMPWR67ysy9NiU_yKg6mlgds9DQklhUqNjEBtjb7eb308ZjnazcxoCfWsQAvD_BwE) (дата звернення 11.02.2023).
10. 10 Reasons to Use Blender, *Larry Wood*. URL: <https://all3dp.com/2/reasons-to-use-blender-advantages/> (дата звернення 27.09.2022).
11. Принципи створення 3Д моделей. URL: [https://addtive.com.ua/ua/shcho\\_take\\_3d\\_modelyuvannya/](https://addtive.com.ua/ua/shcho_take_3d_modelyuvannya/).
12. Blanchard M., Reisch M., Yepes V. Swing: 2D and 3D Animation in Virtual Reality. *Proceedings of 2021 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops*. 2021, 774.
13. Jerald J., Mlyniec P., Yoganandan A., Rubin A., Paullus D., Solotko S. MakeVR: A 3D World-Building Interface. *Proceedings of 2013 IEEE Symposium on 3D User Interfaces*. 2013, 197-198.
14. Corona. URL: <https://corona-renderer.com/> (дата звернення 04.04.2019).
15. How To Merge Meshes In Blender. URL: <https://themotiontree.com/how-to-merge-meshes-in-blender/> (дата звернення 13.04.2021).