

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ  
Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ Аліна САВЧЕНКО

«\_\_»\_\_\_\_\_2024 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ЗДОБУВАЧА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ “БАКАЛАВР”

**Тема:** «3D-модель надводного військового безпілотного апарату для виявлення та атаки цілей, створена у Blender»

**Виконавець:**

Максим ДУДНИК

**Керівник:**

старший викладач Наталка РИБАСОВА

**Нормоконтролер:**

к.т.н., доцент Вікторія СИДОРЕНКО

**КИЇВ 2024**

# НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет комп'ютерних наук та технологій  
Кафедра комп'ютерних інформаційних технологій  
Спеціальність 122 «Комп'ютерні науки»  
Освітньо-професійна програма «Інформаційні технології проектування»

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ Аліна САВЧЕНКО  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

## ЗАВДАННЯ на виконання кваліфікаційної роботи *Дудника Максима Олеговича*

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача вищої освіти в родовому відмінку)

1. Тема кваліфікаційної роботи: «3D-модель надводного військового безпілотного апарату для виявлення та атаки цілей, створена у Blender»  
затверджена наказом ректора від № 517/ст від 05.04.2024р.
2. Термін виконання роботи: з 06 травня 2024 року по 07 червня 2024 року.
3. Вихідні дані до роботи: Модель тривимірної візуалізації надводного безпілотного апарату з використанням програмного забезпечення Blender.
4. Зміст пояснювальної записки: 1) Огляд предметної області та її особливостей. 2) 3D-модельовання. 3) Створення моделі надводного апарату.
5. Перелік обов'язкового ілюстративного матеріалу: слайди презентації MS PowerPoint.

## 6. Календарний план-графік

№ з/п	Завдання	Термін виконання	Підпис керівника
1.	Ознайомлення з предметною областю та її аналіз. Написання 1 розділу, представлення його керівнику.	06.05.2024- 10.05.2024	
2.	Опис сфери та обраних технологій Написання 2 розділу, представлення керівнику.	11.05.2024- 15.05.2024	
3.	Розробка тримірної моделі «дрону».	16.05.2024- 20.05.2024	
4.	Текстурування моделі. Створення та облаштування сцени. Написання 3 розділу, представлення керівнику.	21.05.2024- 23.05.2024	
5.	Редагування та друк пояснювальної записки.	24.05.2024- 26.05.2024	
6.	Проходження нормоконтролю, зшивання пояснювальної записки.	27.05.2024- 01.06.2024	
7.	Написання тексту доповіді. Оформлення графічного матеріалу для презентації	02.06.2024- 07.06.2024	

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_ «06» травня 2024 р.

Керівник кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_ Наталка РИБАСОВА  
(підпис керівника)

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ Максим ДУДНИК  
(підпис здобувача вищої освіти)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи на тему: «3D-модель надводного військового безпілотного апарату для виявлення та атаки цілей, створена у Blender» містить: 62 сторінки, 30 рисунків, 12 інформаційних джерел.

**Об'єкт дослідження** – процес створення моделі 3D-модель.

**Предмет дослідження** – високоякісна 3D-візуалізація надводного військового безпілотного апарату створена за допомогою Blender.

**Мета кваліфікаційної роботи** - розробити 3D-модель надводного військового безпілотного апарату для виявлення та атаки цілей, використовуючи сучасні методи та підходи до створення моделі.

**Методи дослідження** – аналізу, синтезу, обробки літературних джерел, логічний, порівняльний, концептуального проектування та створення 3D-моделі за допомогою відповідного програмного забезпечення.

**Результат кваліфікаційної роботи** рекомендується використовувати для створення фізичних симуляцій, представлення як візуалізацію концепту та для імпортування у ігрові рушії для використання в ігрових проектах.

Для створення моделі знайдено відповідні референси, використано передове програмне забезпечення розроблено власні матеріали й об'єкти.

**Наукова новизна** даної кваліфікаційної роботи полягає у використанні новітніх методів моделювання для розробки унікальної моделі надводного безпілотника. Така тривимірна модель дозволяє проводити тестування та оптимізацію конструкцій ще до їх фізичного виготовлення, що значно економить час та ресурси. Застосування цих методів забезпечує створення високоякісних моделей, які можуть слугувати основою для подальшого фізичного виготовлення і впровадження у військові операції, підвищуючи ефективність та безпеку виконання військових місій.

**Ключові слова:** 3D-МОДЕЛЮВАННЯ, BLENDER, RIZOMUV, ВІЗУАЛІЗАЦІЯ, РЕНДЕРИНГ, КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА, НАДВОДНИЙ АПАРАТ, ТЕКСТУРУВАННЯ, ТРИВИМІРНА МОДЕЛЬ

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ.....	8
ВСТУП .....	9
РОЗДІЛ 1 .....	11
ОГЛЯД ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ЇЇ ОСОБЛИВОСТЕЙ.....	11
1.1. Актуальність сфери 3D-моделювання .....	11
1.2. Огляд та аналіз сфери 3D-моделювання.....	12
1.2.1. Основні напрями розвитку .....	12
1.2.2. Тренди та інновації .....	13
1.2.3. Виклики та перспективи.....	14
1.2.4. Моделювання об'єктів.....	14
1.2.5. Створення текстур.....	15
1.2.6. Оптимізація .....	15
1.3. Огляд існуючих тривимірних моделей дронів.....	16
1.3.1. Порівняння моделей.....	19
1.3.2. Результати порівняння.....	20
1.4. Огляд бойових зразків морських дронів.....	21
1.4.1. Переваги конструкції .....	21
1.4.2. Система управління .....	21
1.4.3. Тактико-технічні характеристики різних поколінь дронів .....	22
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1 .....	24
РОЗДІЛ 2 .....	25
3D-МОДЕЛЮВАННЯ .....	25
2.1. Основи тривимірного моделювання .....	25
2.2. Етапи розробки 3D-моделі .....	26
2.3. Вибір програмного забезпечення для тривимірного моделювання .....	26
2.3.1. Огляд обраного ПЗ Blender .....	27
2.4. Аналіз методів, підходів та технологій обраного інструментарію.....	28
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2 .....	30
РОЗДІЛ 3 .....	31
СТВОРЕННЯ МОДЕЛІ «НАДВОДНОГО АПАРАТУ» .....	31

3.1. Пошук, збір та аналіз референсів .....	31
3.2. Створення high-poly моделі .....	32
3.3. Створення low-poly моделі .....	39
3.4. Розгортка UV-координат.....	43
3.4. Текстурування .....	46
3.6. Створення сцени.....	51
3.7. Рендеринг.....	54
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3.....	56
ВИСНОВКИ.....	58
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	61

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

3D-друк	–	Технологія виготовлення фізичних об'єктів на основі цифрових моделей
VR	–	Віртуальна реальність
Деталізація	–	Процес створення дрібних деталей, текстур та елементів на моделі, що збільшує рівень детальності або складності, яку має об'єкт або сцена
Текстурні карти	–	Матеріали, зразки або зображення, що є вказівкою або посиланням на щось, що слугить як основа для порівняння
3D	–	Об'ємний, який включає три виміри: довжину, ширину та висоту.
UV-розгортка	–	Процес нанесення текстур на поверхню 3D-об'єкта шляхом розгортання їх на двовимірній площині.
Полігони	–	Геометричні форми, що складаються з вершин, ребер і граней, використовувани для створення 3D-моделей
Топологія	–	Спосіб організації вершин для створення поверхонь і об'ємів, а також зв'язки між цими вершинами, які визначають форму та поведінку моделі при їх обробці
Референси	–	Матеріали, зразки або зображення, що є вказівкою або посиланням на щось, що слугить як основа для порівняння
ЕОМ	–	Електронні обчислювальні машини
high-poly	–	Високополігональна модель
low-poly	–	Низькополігональна модель
ПЗ	–	Програмне забезпечення

## ВСТУП

У сучасному світі технології 3D-моделювання активно застосовуються в багатьох напрямках, зокрема й у військовому. Ця сфера використання тривимірного моделювання неухильно змінюється та розвивається, завдяки необхідності вдосконалення усіх засобів, як ураження, так і виявлення. Збройні сили, які не мають переваги у кількості, якості та вогневій потужності військового морського флоту, вимушені швидко адаптуватись до існуючих викликів та створювати, зокрема, дистанційно керовані машини для ураження надводних цілей. Такі апарати можуть мати декілька властивостей та виконувати не тільки знищувальну місію чи роботу мінером, а й відстеження цілей в надводному середовищі, що є не менш важливою складовою в ефективності використання надводних дистанційно керованих апаратів.

Військові оператори, які керують цими засобами, потребують ефективних та надійних засобів, що забезпечать перевагу в бойових умовах.

**Актуальність теми:** дослідження процесу розробки 3D-моделі, яка майже не потребує фінансів, порівняно зі створенням реальної фізичної моделі. Витрати часу, відповідно, також менші, адже навіть на створення масо-габаритного макету необхідно набагато більше часу, ніж для створення моделі у будь-якому тривимірному середовищі розробки.

Зі стрімким розвитком технологій, сучасні військові місії потребують дедалі більшої автоматизації та використання безпілотних систем. Такі апарати стають невід'ємною частиною бойової діяльності. Важливими аргументами для розвитку цієї галузі є: покращення бойових можливостей на воді, економічні збитки для ворога, адже ціна дрона не співставна з ціною цілого корабля, але найголовнішим, що робить використання дронів вельми доцільним – це збереження живої сили.

**Мета кваліфікаційної роботи** – розробити 3D-модель «надводного військового безпілотного апарату для виявлення та атаки цілей», використовуючи сучасні методи та підходи до створення моделі.



Ґрунтуючись на поставленій меті сформовано наступні **завдання дослідження:**

- провести збір й аналіз існуючих моделей військових морських безпілотних апаратів;
- провести збір й аналіз інформації, пов'язаної з надводними безпілотними апаратами, яка є у відкритому доступі;
- проаналізувати відповідність використаного програмного забезпечення необхідним для створення моделі вимогам;
- створити тривимірну модель «надводного безпілотного апарату».

**Методи дослідження**, що використовувались для досягнення поставленої мети є такими: аналізу, синтезу, обробки літературних джерел, логічний, порівняльний, концептуального проектування та створення 3D-моделі за допомогою відповідного програмного забезпечення.

**Об'єктом дослідження** кваліфікаційної роботи є 3D-модель.

**Предметом дослідження** кваліфікаційної роботи є 3D-візуалізація «надводного військового безпілотного апарату для виявлення та атаки цілей».

**Практичне значення отриманих результатів.** Створена 3D-модель може бути використана для віртуальних симуляцій, ігор, тренування операторів, а також для планування та аналізу військових операцій.

Впровадження розробленого безпілотного апарату в практику військових операцій сприятиме підвищенню ефективності та безпеки військових місій.

**Наукова новизна** даної кваліфікаційної роботи полягає у використанні новітніх методів моделювання для розробки унікальної моделі надводного безпілотника. Така тривимірна модель дозволяє проводити тестування та оптимізацію конструкцій ще до їх фізичного виготовлення, що значно економить час та ресурси. Застосування цих методів забезпечує створення високоякісних моделей, що слугуватиме основою для подальшого фізичного виготовлення і впровадження у військові операції, підвищуючи ефективність та безпеку виконання військових місій.

## РОЗДІЛ 1

### ОГЛЯД ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ЇЇ ОСОБЛИВОСТЕЙ

#### 1.1. Актуальність сфери 3D-моделювання

Сучасний світ стрімко розвивається та цифровізується, що майже підводить його до вже четвертої промислової революції. Світ, в якому цифрові технології відіграють вирішальну роль у різних галузях, 3D-моделювання – один з багатьох вагомих напрямків, що сприяє цим змінам. Актуальність цієї сфери обумовлена декількома ключовими факторами:

Галузь розваг: відеоігри, анімаційні фільми та візуальні ефекти в кіно активно використовують 3D-моделювання для створення реалістичних і захоплюючих персонажів. Ця технологія дозволяє створювати детальні світи та героїв, що покращує якість контенту і охоплює більшу аудиторію.

Архітектура і будівництво: Архітектори використовують 3D-моделювання для створення візуалізацій майбутніх будинків та інфраструктурних проєктів. Це допомагає краще уявити кінцевий результат, оцінити його вплив на навколишнє середовище та внести необхідні зміни ще на етапі проєктування.

Медична галузь: 3D-моделювання використовується для створення детальних моделей анатомічних структур, що дає можливість лікарям краще планувати операції та виготовляти індивідуальні протези. Це також сприяє розробці нових медичних пристроїв та інструментів.

Виробництво та промисловий дизайн: У галузі виробництва 3D-моделі використовуються для розробки нових продуктів, прототипів та деталей. Це дозволяє скоротити час на проєктування та виготовлення, а також знизити витрати на виробництво.

Кафедра КІТ				НАУ 24 10 65 000 ПЗ			
	ПІБ			ОГЛЯД ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ЇЇ ОСОБЛИВОСТЕЙ	Літери	Аркуш	Аркушів
Виконав	Дудник М.О.					11	62
Керівник	Рибасова Н.О.				ТП-415Б - 122		
Н-контроль	Сидоренко В.М.						

Освіта та наукові дослідження: У навчальних закладах 3D-моделювання допомагає студентам краще розуміти та засвоювати складні концепції шляхом їх візуалізації та симуляції. У наукових дослідженнях ця технологія сприяє моделюванню процесів, які важко або неможливо відтворити в реальних умовах, що робить її незамінною для досліджень.

Військова справа: Військові інженери використовують 3D-моделювання для розробки новітнього озброєння та техніки, що дозволяє швидко та ефективно створювати прототипи, проводити симуляції й тестування віртуальних бойових сценаріїв. Це надає велику перевагу на полі бою.

Загалом, 3D-моделювання стає ключовою складовою різних галузей, забезпечуючи точність, ефективність та інноваційність. Його застосування підвищує якість продукції та послуг, оптимізує процеси та знижує витрати, що робить цю технологію вкрай важливою в сучасному світі.

## **1.2. Огляд та аналіз сфери 3D-моделювання**

Дослідження та аналіз предметної області, в сфері 3D-моделювання, надає можливість оглянути основні аспекти цієї галузі. Виявити їхні переваги та недоліки, що робить створення моделей за допомогою 3D-графіки майже незамінним інструментом в прогнозі того яким саме буде кінцевий продукт.

Неухильний розвиток та зростання сучасної сфери 3D-моделювання зобов'язані, передусім, розвитку й постійному вдосконаленню технологій та зростанню обчислювальних можливостей сучасних ЕОМ, проте, існують й бар'єри.

### **1.2.1. Основні напрями розвитку**

а) Реалістичність та деталізація. Завдяки передовим алгоритмам освітлення, текстурювання та рендерингу, які мають сучасні технології, дозволяють створювати надзвичайно реалістичні моделі з високим рівнем деталізації. Наприклад, фотореалістичні зображення, отримані шляхом рендерингу, настільки точні, що їх майже неможливо відрізнити від справжніх фотографій.

б) Симуляція фізичних процесів: 3D-моделювання в цій сфері має зростаючу популярність адже дозволяє створювати симуляції фізичних процесів, таких як динаміка рідин, аеродинаміка, деформації матеріалів тощо. Це дозволяє тестувати та оптимізувати конструкції ще до їх фізичного виготовлення, що значно економить час і ресурси.

в) Інтерактивність та віртуальна реальність (VR): Інтеграція 3D-моделей у VR середовища дозволяє створювати інтерактивні симуляції та навчальні програми. Такий підхід відкриває нові можливості для освіти, тренінгів та розваг, де користувачі можуть взаємодіяти з моделями у реальному часі.

г) Адитивне виробництво (3D-друк): 3D-моделювання тісно пов'язане з адитивним виробництвом, яке дозволяє виготовляти фізичні об'єкти на основі цифрових моделей. Це відкриває нові можливості для створення складних конструкцій, які неможливо або дуже важко виготовити традиційними методами.

### **1.2.2. Тренди та інновації**

а) Масштабованість. Сучасні інструменти 3D-моделювання дозволяють створювати моделі будь-яких форм та розмірів – від мікроскопічних деталей до великих архітектурних комплексів. Це важливо для різних галузей, включаючи медицину, машинобудування та будівництво.

б) Хмарні технології: Використання хмарних сервісів для зберігання та обробки 3D-моделей дозволяє значно підвищити ефективність роботи, забезпечуючи доступ до потужних обчислювальних ресурсів та спрощуючи співпрацю між командами.

в) Штучний інтелект: Протягом останніх декількох років, напрям ШІ набрав великих обертів й сферу 3D-моделювання це не обійшло стороною. Станом на зараз, штучний інтелект широко використовується для генерації дуже пропрацьованих та деталізованих, але при тому досить масштабних проєктів. Тобто, там де людина витратить дуже багато часу, а алгоритми процедурної генерації не можуть бути налаштовані так гнучко, як ШІ. [1]

### **1.2.3. Виклики та перспективи**

а) Технічні обмеження: Незважаючи на значний прогрес, 3D-моделювання все ще має певні технічні обмеження, пов'язані з обчислювальними потужностями та точністю моделювання складних фізичних процесів. Розвиток квантових обчислень та нових алгоритмів може допомогти подолати ці бар'єри.

б) Медичні принтери: Використання 3D-моделювання у медицині в найближчій час має вийти на новий рівень. А саме: Друк органів. Це дуже важливий й перспективний напрямок, а 3D-моделювання є його основною складовою, певно після біології та хімії.

в) Підготовка кадрів: Досить великий попит на спеціалістів з 3D-моделювання стимулює розвиток відповідних освітніх програм і курсів. Необхідно забезпечити підготовку фахівців, що володіють необхідними знаннями та навичками, для роботи з сучасними інструментами та розуміння сучасних тенденцій та технологій.

Основні «стовпи», на яких ґрунтується сучасне 3D-моделювання та які необхідно враховувати, включають в себе: моделювання об'єктів, анімацію, створення текстур та оптимізацію на різних етапах проекту.

### **1.2.4. Моделювання об'єктів**

Першим та основним етапом є визначення об'єкту моделювання. Тобто, той об'єкт, який ми хочемо відтворити у віртуальному середовищі. Якщо такого об'єкту не існує, то необхідно знайти максимально схожі референси, які за структурою будови є подібними до запланованого фінального результату роботи.

Другим етапом є створення геометричної форми моделі за допомогою полігонів або NURBS-поверхонь. Інструментами для цього етапу можуть виступати спеціалізовані програми, такі як: Blender, Maya або 3ds Max. Під час створення моделі за допомогою полігонів треба пам'ятати важливі аспекти етапу моделювання, що включають в себе правильні: топологію, деталізацію й оптимізацію полігонів. Це необхідно для високої якості зображення та зменшення навантаження на систему при програмному розрахунку на

подальших етапах створення моделі, що в подальшому дозволить використовувати створену модель на більшій кількості ЕОМ з різною конфігурацією. Тобто, не тільки на дуже продуктивних машинах.[2]

### **1.2.5. Створення текстур**

Після моделювання, зазвичай, йде етап створення текстур моделі. Текстури надають моделям візуальної деталізації та реалістичності. Для технічного застосування моделі, наприклад, при симуляції різних умов середовища перебування, текстурування моделі не має великої ваги, адже моделі такого напрямку використання створюються для перевірки фізичних властивостей моделі, проте, при презентації моделі замовникам та в процесі створення фізичного екземпляру - є необхідною складовою.

Процес створення текстур включає в себе: розфарбовування моделі, включення нормалей, додавання карт висот, налаштування текстурних каналів та багато іншого. Це все так само дає змогу довести зовнішній вигляд моделі до реалістичного вигляду. Налаштування вручну забирає багато часу, тому варто звернути увагу на спеціалізовані інструменти, наприклад: Quixel Suite, Substance Painter , або ж з рештою Photoshop.

### **1.2.6. Оптимізація**

3D-модель складається з текстур, сотень або навіть мільйонів полігонів й аби максимально зменшити навантаження при прорахунку, геометрії та візуальної складової комп'ютером, необхідно максимально оптимізувати модель. Неможливо переоцінити значущість цього процесу при розробці 3D-моделей, адже чим оптимізованіша модель, тим більш складною та деталізованою її можна зробити. Ресурси системи є обмеженими у будь-якому разі, тому варто максимально правильно їх використовувати та розподіляти.

До оптимізації відноситься: зменшення кількості полігонів, покращення алгоритмів рендерингу, спрощення текстур та зменшення їх кількості. Всі ці дії направлені на досягнення максимальної оптимізації, що натомість

відображається на продуктивності системи при роботі зі створеною моделлю. Варто зауважити, що використання вищенаведених підходів до оптимізації необхідно використовувати коректно, адже деякі проекти потребують оптимізації без зменшення якості або змін геометричних структур кінцевої моделі.

### 1.3. Огляд існуючих тривимірних моделей дронів

Перша оглянута модель дрону - це «3D-модель українського надводного дрона-камікадзе», створена для використання в ігрових проєктах або для візуалізації концепту. (рис. 1.1). [3]



Рис. 1.1. 3D-модель українського надводного дрона-камікадзе

На основі знайденого зображення та опису можна надати наступну характеристику: Модель представляє собою надводний дрон-камікадзе з характерними військовими елементами. На корпусі дрона видно напис "Херсон", що може свідчити про його тематичну прив'язку до міста цього міста. Дрон має кілька виступаючих елементів, ймовірно, антен або датчиків, а також камери на верхній частині.

Полігональна сітка складається з 7,684 трикутників. Така кількість полігонів є достатньою для забезпечення деталізації моделі, яка буде оптимальною для використання в іграх, не надто навантажуючи систему.

Роздільна здатність текстур цієї моделі складає: 4096×4096 пікселів. Висока роздільна здатність текстур дозволяє досягти детального і реалістичного вигляду поверхні моделі, що важливо для створення якісного візуального контенту в іграх.

Модель має виразні геометричні елементи, такі як виступи, камери і антени, що додає реалізму та теоретичної функціональності. На носовій частині є два круглих об'єкти, які можуть бути датчиками або елементами керування. Хвостова частина моделі має деталі, що є керуючими та рухомими елементами, які в свою чергу нагадують стерно з двома пір'ям. Ця система елементів, вірогідно, призначена для керування апаратом.

Загалом, ця модель є якісним прикладом ігрового 3D-об'єкта, оптимізованого для використання в реальному часі з достатньою деталізацією для візуальної реалістичності.

Друга модель є високополігональною 3D-моделлю, створеною для використання у візуалізаціях, іграх або інших графічних додатках (рис. 1.2).[4]



Рис. 1.2. 3D-модель надводного дрона



На основі знайденого зображення та опису можна надати наступну характеристику: Модель представляє собою об'єкт, видовжений з низькою посадкою на воду. Також, має гладкі обводи корпусу та декілька виступаючих елементів. Об'єкт має кілька секцій, які можуть представляти відсіки або інші функціональні елементи дрону. На верхній частині моделі знаходяться кілька деталей, ймовірно, це оглядові прилади або датчики. Характеристики полігональної сітки наведено в таблиці (табл. 1.1). [5]

Таблиця 1.1

Характеристики полігональної сітки

Назва	Значення
Вершин	56956
Граней	55066
Полігонів без згладжування	13,766
Полігонів зі згладжуванням	55,064

Дані наведені в таблиці 1.1 дають можливість зрозуміти, що така кількість полігонів вказує на високу деталізацію моделі, що є типовим для якісних візуалізацій та симуляцій або високорівневих ігрових об'єктів.

Текстури моделі мають роздільну здатність: 4096 x 4096 пікселів. Висока роздільна здатність текстур дозволяє досягти детального та реалістичного вигляду поверхні моделі, що важливо для створення якісного та реалістичного зовнішнього вигляду.

Модель складається з 56 окремих об'єктів, що може включати різні компоненти апарату, такі як корпус, відсіки, датчики, гвинти та інші частини.

Зрештою, ця модель є дуже детальною та реалістичною, придатною для використання у високоякісних проектах, де необхідна деталізація і реалістичність.

### 1.3.1. Порівняння моделей

Призначення та тип:

- Перша модель – це ігрова «3D-модель українського надводного дрона-камікадзе». Ця модель, ймовірно, розроблена спеціально для ігрових проектів, де основна увага приділяється оптимізації продуктивності та достатній деталізації для опрацювання моделі у реальному часі.

- Друга модель представляє собою надводний дрон. Ця 3D-модель призначена для використання у високоякісних візуалізаціях або симуляціях, де потрібна висока деталізація. Модель підходить для наукових симуляцій, документальних фільмів або високорівневих ігор, потужності рушіїв яких здатні оптимізувати таку модель для її опрацювання комп'ютером у реальному часі.

Полігональна сітка:

- Перша модель має в собі 7,684 трикутників. Кількість полігонів у цій моделі значно менша, що робить її оптимальною для використання в іграх, де важлива продуктивність. З меншою кількістю полігонів модель зберігає достатню деталізацію, але також дозволяє грі працювати плавно на різних пристроях. Використання саме трикутників в цій моделі обумовлене її ігровим призначенням. Адже так звана триангуляція найчастіше застосовується в іграх через більш просту логіку опрацювання таких трикутних полігонів ігровими рушіями.

- Друга модель має 56,956 вершин та 55,066 граней. Ця модель має високу кількість полігонів, що забезпечує високий рівень деталізації. Кожна деталь моделі, ймовірно, ретельно опрацьована, що дозволяє досягти достатньо реалістичного вигляду. Така модель підходить для статичного рендерингу або використання у середовищах з високою обчислювальною потужністю.

Текстурні набори:

- Роздільна здатність текстур першої моделі: 4096 x 4096 пікселів. Незважаючи на меншу кількість полігонів, модель зберігає високу якість текстур. Це дозволяє забезпечити візуальну привабливість навіть у середовищах з обмеженими ресурсами, таких як мобільні ігри або VR/AR проекти.

- Роздільна здатність текстур другої моделі: 4096 x 4096 пікселів. Використання високоякісних текстур додає моделі реалістичності, підкреслює дрібні деталі та покращує загальний вигляд. Це важливо для проєктів, де кожна деталь має значення.

Деталі та особливості:

- Перша модель містить специфічні деталі, такі як антени, камери, та напис "Херсон", що робить її особливою та тематичною. Конструктивні елементи, такі як деталі хвостової та носової частини, підкреслюють її функціональність як надводного дрона-камікадзе. Ці елементи додають моделі автентичності та допомагають гравцям легко ідентифікувати її призначення.

- Друга модель складається з 56 окремих об'єктів, що дозволяє використовувати її в складних симуляціях або анімаціях. Кожен об'єкт може бути індивідуально налаштований або анімований, що надає більшої гнучкості при роботі з такою моделлю. Велика кількість об'єктів вказує на те, що модель може містити рухомі частини, пропрацьовані відсіки або інші елементи, які можна окремо редагувати та налаштовувати.

### **1.3.2. Результати порівняння**

Перша модель є більш оптимізованою для використання в ігрових середовищах, де важливі баланс між якістю та продуктивністю. Вона підходить для інтерактивних ігор або VR/AR додатків, де швидкодія є критично важливою.

Друга модель підходить для проєктів, де необхідна висока деталізація та можливість гнучкого налаштування кожного елемента. Це може бути корисно для наукових або освітніх цілей, а також для високоякісних візуальних ефектів у фільмах.

Обидві моделі мають високу якість текстур, що дозволяє забезпечити привабливий зовнішній вигляд у різних додатках.

## **1.4. Огляд бойових зразків морських дронів**

Морський дрон - це не велике, порівняно зі звичайним кораблем, швидкісне й високоманеврене судно, яке керується дистанційно. Найчастіше оснащується вибухівкою, яка детонує при зіткненні з ціллю або може бути підірване за командою оператора. Деякі типи морських дронів мають можливість працювати як зенітно-ракетний комплекс морського базування.[6], [7]

### **1.4.1. Переваги конструкції**

Морські дрони українського виробництва мають досить просту будову, що робить їх виготовлення доступним навіть на непрофільних та малих підприємствах. Водночас, не зважаючи на їхню доступність, якість та функціональність залишаються на високому рівні. Офіційно заявлена вартість одного дрону становить близько 250 тисяч доларів, що в порівнянні з аналогами з інших країн є досить конкурентоспроможною ціною, враховуючи їхні можливості та характеристики.

Під час аналізу фотографій апаратів стає зрозумілим, що здешевлення загальної вартості дрону відбулось за рахунок використання в основі його конструкції цивільного гідроцикла канадської компанії Sea-Doo, зокрема моделях GTX або Fish Pro. Це значно спростило та здешевило виробництво. [9]

Апарат оснащений рушієм водометного типу, який розташований у кормовій частині корпусу та який працює разом із трициліндровим бензиновим двигуном Rotax. Цей двигун здатний розганяти апарат до близько 112 кілометрів на годину.

### **1.4.2. Система управління**

Дрон управляється за допомогою супутникових геолокаційних систем і відеоканалу. Відеосигнал з камери передається через супутниковий зв'язок Starlink до пульта керування в командному центрі.

Система ініціації бойової частини: бойова частина дрона активується двома ударними детонаторами, розташованими у носовій частині судна.

Ймовірно, детонатори взяті з радянських авіаційних боєприпасів, таких як авіаційні бомби ФАБ-100 або ФАБ-250.

### 1.4.3. Тактико-технічні характеристики різних поколінь дронів

Технічні характеристики першого покоління морських дронів наведено в таблиці(табл. 1.2):

Таблиця 1.2

Технічні характеристики першого покоління

Характеристика	Значення
Довжина	5,5 м
Вага зі спорядженням	1000 кг
Радіус операційної дії	400 км
Запас ходу	800 км
Автономність	60 год
Вага бойової частини	200 кг
Максимальна швидкість	до 80 км/год
Навігація	Автоматична GNSS, інерційна, візуальна
Передача відеоінформації	Максимум три відеопотоки HD якості
Криптозахист	Шифрування 256 біт

Технічні характеристики другого покоління Magura V5 наведено в таблиці(табл. 1.3):

Таблиця 1.3

Технічні характеристики другого покоління

Характеристика	Значення
Довжина	5,5 м
Ширина	1,5 м
Вага зі спорядженням	1000 кг
Корисне навантаження	320 кг
Радіус операційної дії	400 км

Запас ходу	800 км
Автономність	60 год
Крейсерська швидкість	41 км/год
Максимальна швидкість	78 км/год
Зв'язок	Супутниковий зв'язок або mesh-радіо з повітряним ретранслятором.

Третє покоління: Sea Baby.

Через зрозумілі причини секретності новітніх засобів ураження, інформація про технічні характеристики Sea Baby не розголошується.

Крім відомих моделей Sea Baby, «Мамай» та «Магура», існують й інші модифікації морських безпілотників, назви яких наразі невідомі.

Загалом, українські морські дрони-камікадзе, завдяки своїй простій конструкції, високій маневреності та можливості виготовлення у воєнних умовах, є важливим елементом у боротьбі з ворогом. Вони демонструють інноваційний підхід до вирішення військових задач та мають потенціал для подальшого розвитку та вдосконалення.

## ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

Розглянуто основні напрями розвитку 3D-моделювання, які включають в себе підвищення реалістичності та деталізації моделей, симуляцію фізичних процесів, інтеграцію з віртуальною реальністю (VR), а також адитивне виробництво (3D-друк). Окреслено сучасні тренди, такі як масштабованість, використання хмарних технологій та ШІ у розробці моделей.

Водночас, розглянуто виклики, з якими стикається галузь. Це технічні обмеження, пов'язані з обчислювальними потужностями та точністю моделювання складних фізичних процесів, таких як медицина та військова справа, а також необхідність підготовки кваліфікованих кадрів.

Описано процеси створення 3D-моделей, включаючи етапи моделювання об'єктів, створення текстур та оптимізацію. Наголошено на важливості правильного визначення об'єкту моделювання, використання спеціалізованих програм, таких як Blender, Maya або 3ds Max, а також значення оптимізації моделей для зменшення навантаження на систему.

У розділі наведено порівняння існуючих 3D-моделей дронів, зокрема українського надводного дрона-камікадзе. Описано характеристики, полігональні сітки, текстурні набори та функціональні елементи цих моделей. Порівняння моделей підкреслює їх придатність для використання в ігрових проектах та високоякісних візуалізаціях.

Загалом, 3D-моделювання присутнє у вагомій кількості сучасних технологічних процесів, що забезпечує точність, ефективність та інноваційність у різних галузях. Його застосування підвищує якість продукції та послуг, оптимізує процеси та знижує витрати, що робить цю технологію вкрай важливою в сучасному світі. Подальший розвиток цієї сфери, з урахуванням зазначених трендів та викликів, матиме значний вплив на прогрес у багатьох галузях науки та промисловості.

## РОЗДІЛ 2

### 3D-МОДЕЛЮВАННЯ

#### 2.1. Основи тривимірного моделювання

Тривимірна модель – являє собою віртуальних об'єкт, що існує в трьох вимірах, які позначаються X, Y та Z. Таку модель зручно розробляти та працювати з нею, з точки зору сприйняття світу людиною, за допомогою спеціалізованих програм.

Тривимірне моделювання є процесом створення тривимірних об'єктів у віртуальному просторі. Цей процес базується на математичних принципах і використовує спеціалізоване програмне забезпечення для формування об'єктів, які можуть бути візуалізовані з будь-якої точки зору. Основою тривимірного моделювання є поняття тривимірної координатної системи, яка складається з осей X, Y та Z. На відміну від двовимірної графіки, де об'єкти мають лише ширину і висоту, тривимірні об'єкти мають також глибину.

Основні елементи 3D-моделювання включають вершини (точки в просторі), ребра (лінії, що з'єднують вершини) та грані (площини, утворені з ребер). Ці елементи утворюють полігональні сітки, які є базовими геометричними структурами для більшості тривимірних об'єктів. Іншим вагомим аспектом є текстурування, що полягає у застосуванні зображень на поверхню моделей для надання їм реалістичності. Освітлення та рендеринг – це також одні з ключових етапів створення моделей, оскільки вони визначають, як моделі виглядатимуть на фінальному етапі розробки моделі та в якому вигляді ця модель буде представлена замовнику. [8]

Кафедра КІТ				НАУ 24 10 65 000 ПЗ			
	ПІБ			3D-МОДЕЛЮВАННЯ	Літери	Аркуш	Аркушів
<b>Виконав</b>	Дудник М.О.					25	62
<b>Керівник</b>	Рибасова Н.О.				ТП-415Б - 122		
<b>Н-контроль</b>	Сидоренко В.М.						



## **2.2. Етапи розробки 3D-моделі**

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

- **Моделювання:** Створення базової форми об'єкта за допомогою полігонів, сплайнів або інших методів. На цьому етапі важливо звернути увагу на пропорції та топологію сітки.
- **Деталізація:** Додавання дрібних деталей, таких як текстури, зморшки, складки та інші елементи, що підвищують реалістичність моделі.
- **Текстурування:** Створення та застосування текстур до поверхонь моделі для досягнення необхідного вигляду. Використання карт нормалей, карт відбиття та інших видів текстурних карт.
- **Освітлення та матеріали:** Налаштування джерел світла та матеріалів для моделі. Цей етап включає визначення властивостей матеріалів, таких як прозорість, відбивна здатність та інші.
- **Рендеринг та сцена:** Створення фінального зображення або анімації моделі з урахуванням всіх налаштувань освітлення, текстур та матеріалів. Створення сцени, оточення самої моделі, наприклад, для наближення до реальних умов використання. Також, може включати пост-обробку для покращення якості зображення.

## **2.3. Вибір програмного забезпечення для тривимірного моделювання**

Вибір програмного забезпечення для 3D-моделювання залежить від конкретних вимог проекту та бюджету. Найпопулярніші програми для розробки моделей та роботи з ними:

- **Blender:** Безкоштовне і відкрите програмне забезпечення, яке підтримує всі етапи 3D-виробництва, від моделювання до рендерингу та анімації.
- **Autodesk Maya:** Професійний інструмент для 3D-моделювання та анімації, що використовується в кіноіндустрії та для створення ігор.
- **3ds Max:** Широко використовується в архітектурній візуалізації, ігровій індустрії та для створення рекламної графіки.

- Cinema 4D: Відомий своїм зручним інтерфейсом і потужними інструментами для моделювання та анімації.
- ZBrush: Спеціалізований інструмент для цифрової скульптури, що дозволяє створювати високодеталізовані моделі.

У цій кваліфікаційній роботі мною використовувалось виключно програмне забезпечення Blender, через велику кількість переваг. [9]

### 2.3.1. Огляд обраного ПЗ Blender

Моделювання геометрії було зроблено за допомогою програмного забезпечення Blender. Також під час розробки це програмне забезпечення було основним місцем взаємодії з моделлю. На рис. 2.1. наведений приклад інтерфейсу Blender.

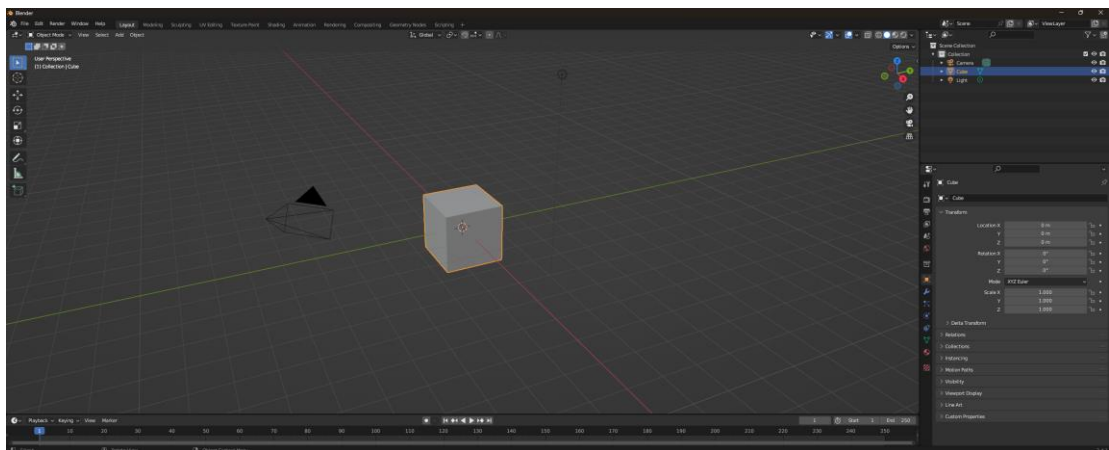


Рис. 2.1. Приклад інтерфейсу Blender

Ця програма була обрана за зручний та зрозумілий інтерфейс користувача. На відміну від своїх конкурентів, не потребує попереднього ознайомлення, в ній все інтуїтивно зрозуміло. Виходячи з досвіду роботи з іншими застосунками з тим же спрямуванням, можу стверджувати, що саме Blender є для мене найзручнішим. Це є досить важливим фактором, через який було прийнято рішення вести розробку саме в Blender.

Використання гарячих сполучень клавіш, під час роботи з проектом, в декілька разів збільшується швидкість та ефективність роботи з проектом.

Ще одним плюсом цього застосунку є його відкритий код. Тобто, будь-хто може модифікувати функціонал цього застосунку, додавати плагіни і тд. В свою чергу використання плагінів відкривають великий спектр можливостей для роботи з проектом. Є різноманітні плагіни, від полегшення й без того простої взаємодії з інтерфейсом, до додавання великих шматків нового функціоналу, наборів готових об'єктів і тд.

Хочу зазначити, що розповсюдження застосунку Blender на безоплатній основі. На відміну від конкурентів, цей застосунок є повністю безкоштовним.

Беручи до уваги його безоплатність, функціональність Blender вражає. Через те, що це програмне забезпечення є найбільш функціональним серед конкурентів. В ньому можна використовувати полігональне моделювання, скульптинг, текстурування, рендеринг, UV-розгортку, запікання текстур, анімувати, створювати симуляції, записувати відео та імпортувати файли до ігрових рушіїв без конвертації в інші формати.

До мінусів можна віднести той факт, що багатофункціональність не може покрити весь спектр необхідного функціоналу при створенні моделі. Тобто, іноді необхідно звертатись до іншого програмного забезпечення, яке має одну функцію, але при цьому виконує її максимально якісно.

#### **2.4. Аналіз методів, підходів та технологій обраного інструментарію**

Моделювання полігонів та скульптури:

- Моделювання полігонів: У Blender доступні різні режими моделювання, такі як Edit Mode та Object Mode, які дозволяють вам легко маніпулювати полігонами об'єкта. За допомогою інструментів, таких як Extrude, Bevel, Loop Cut та інші, ви можете створювати складні форми та деталі моделі.

- Скульптура: Blender має потужний режим скульптури, що надає можливість вільно моделювати форму об'єкта, натискаючи, тягнучи або різьбячи по ньому з використанням інструментів, таких як Grab, Inflate, Flatten

тощо. Це особливо корисно для створення органічних форм або складних деталей.

Текстурування та матеріали:

- Управління текстурами: У Blender ви можете створювати та редагувати текстури безпосередньо у програмі за допомогою Texture Paint Mode або використовувати зовнішні текстури. Ви також можете налаштовувати параметри текстур, такі як розмір, повторення та налаштування проекції.

- Матеріали і шейдери: Blender має різноманітні вбудовані матеріали та шейдери, які дозволяють налаштовувати візуальні властивості об'єктів. Ви можете створювати прозорі матеріали, емісійні матеріали, використовувати картинки для деформації форми об'єктів та багато іншого.

Анімація та рендеринг:

- Анімація ключових кадрів: У Blender ви можете створювати складні анімації, використовуючи систему ключових кадрів. Ви можете встановлювати ключові кадри для руху, обертання, масштабування об'єктів та багато іншого.

- Cycles рендеринг: У Blender є декілька рендер-двигунів, зокрема Cycles та Eevee. Cycles забезпечує фотореалістичний рендеринг з відбиттям світла, тінями та реалістичною моделлю розсіювання світла, тоді як Eevee забезпечує швидкий рендеринг з реальним часом та підтримкою глобального освітлення та тіней.

Модифікатори та анімація шейпів:

- У Blender доступні різноманітні модифікатори, які дозволяють змінювати форму та властивості об'єктів у реальному часі без пошкодження базової геометрії. Це робить робочий процес більш гнучким і швидким.

- Анімація шейпів: У Blender є можливість створювати анімацію, змінюючи форму об'єкта за допомогою ключів форми. Це особливо корисно для анімації морфінгу, де одна форма плавно переходить в іншу.

## ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

3D-моделювання - це процес створення тривимірних об'єктів у віртуальному просторі. Цей процес базується на математичних принципах і включає в себе роботу з такими елементами, як вершини, ребра та грані, які утворюють полігональні сітки.

Створення 3D-моделі включає в себе декілька ключових етапів:

- Моделювання: на цьому етапі створюється базова форма моделі.
- Деталізація: додаються деталі до базової форми, щоб зробити модель більш реалістичною.
- Текстурування: на цьому етапі на модель накладаються текстури, що додають колір та деталі.
- Налаштування освітлення та матеріалів: налаштовуються властивості поверхні моделі та освітлення сцени.
- Рендеринг: створюється кінцеве зображення моделі.

Створення сцени: розміщення моделі в середовищі для створення кінцевої сцени.

Вибір програмного забезпечення для 3D-моделювання залежить від конкретних вимог проекту та бюджету. Найпопулярніші програми включають Blender, Autodesk Maya, 3ds Max, Cinema 4D та ZBrush.

В даній роботі було розглянуто використання Blender для моделювання геометрії, управління текстурами, анімації та рендерингу. Blender - це потужний інструмент, який дозволяє створювати складні 3D-моделі, анімації та візуалізації.

В цілому, дана робота надає широкий огляд 3D-моделювання, його ключових аспектів та використання програмного забезпечення для створення 3D-моделей. Результати цього дослідження можуть бути використані для подальшого вивчення та розробки в області 3D-моделювання.

## РОЗДІЛ 3

### СТВОРЕННЯ МОДЕЛІ «НАДВОДНОГО АПАРАТУ»

#### 3.1. Пошук, збір та аналіз референсів

3D модель дрона достатньо складна в реалізації, адже вона є комплексною, тобто, складається з багатьох окремих елементів. Будь-яка робота, щонайменше в 3D-модельованні, починається з пошуку та агрегації референсів об'єкту, який необхідно створити. При зборі референсів необхідно зважати на якість зображення та на його вміст. Тобто, якщо не видно повної геометрії, тоді не варто брати до роботи такий референс.

Відповідно до теми роботи було зібрано референси трьох різних морських дронів. Зручність програмного забезпечення Blender полягає ще й в тому, що референси не потрібно зберігати собі на комп'ютер й перемикатись постійно між зображенням та середовищем розробки моделі. Є можливість все виводити безпосередньо у вікні робочої зони. Приклад розташування референсів на екрані Blender наведено на рис. 3.1.

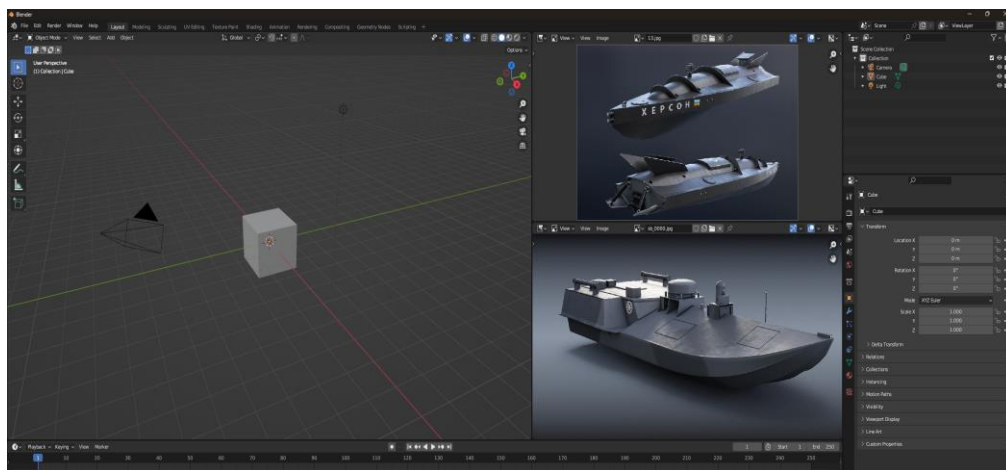


Рис. 3.1. Приклад розташування референсів на екрані Blender

Кафедра КІТ				НАУ 24 10 65 000 ПЗ			
	ПІБ			СТВОРЕННЯ МОДЕЛІ «НАДВОДНОГО АПАРАТУ»	Літери	Аркуш	Аркушів
Виконав	Дудник М.О.					31	62
Керівник	Рибасова Н.О.				ТП-415Б - 122		
Н-контроль	Сидоренко В.М.						

Після аналізу референсів можемо результувати, що модель має складатись як мінімум з корми, гвинто-рульової групи, борту, носу та палуби. Що стосується технологічного оснащення: камери, антени, датчики орієнтації в просторі, системи димової завіси і тд.

У випадку створення морського дрону корму, борт, ніс та палубу можна об'єднати в одну монолітну частину моделі.

Під час створення моделі необхідно покладатись на якийсь план або графік робіт. Це необхідно для того, щоб уникнути хаотичності дій та мати чіткі кроки створення моделі. Замовнику такий план дасть розуміння на якому етапі знаходиться розробка моделі, а виконавцю - усвідомлення обсягу зробленої роботи та тої, яка ще попереду. У моделюванні такий графік розробки називають пайплайн [13]. У моєму випадку розробка 3D-моделі надводного військового безпілотного апарату для виявлення та атаки цілей буде розроблятися за наступним пайплайном:

- а) Розробка high-poly моделі;
- б) Розробка low-poly моделі;
- в) Створення UV-розгортки для low-poly;
- г) Запікання текстур high-poly на low-poly;
- д) Текстурування моделі.

### **3.2. Створення high-poly моделі**

Моя робота над моделлю починається зі створення, за допомогою примітивів, приблизної форми майбутньої моделі. Примітивами називають стандарні фігури, такі як: куб, коло, сфера, пряма, квадрат(plane) та інші.

При роботі над даним етапом використовується стандартний функціонал програманого застосунку Blender. Спочатку інструменти move та scale, потім extrude, insert та rotate.

Насупним підпунктом етапу розробки high-poly моделі йде саме збільшення кількості полігонів моделі. Це відбувається шляхом накладання на модель в цілому та її компоненти окремо модифікаторів bevel та subdivision

surface. Ці модифікатори додають моделі додаткових полігонів за для збільшення її деталізації. Обмежень на кількість полігонів немає, завдання полягає у якнайбільшому згладжуванні та однорідності моделі. Без різких переходів, гострих кутів, недостачі полігонів чи ребер, заломів та подібного. Для наочності, робота модифікатора subdivision surface наведена на рисунку (рис. 3.2).

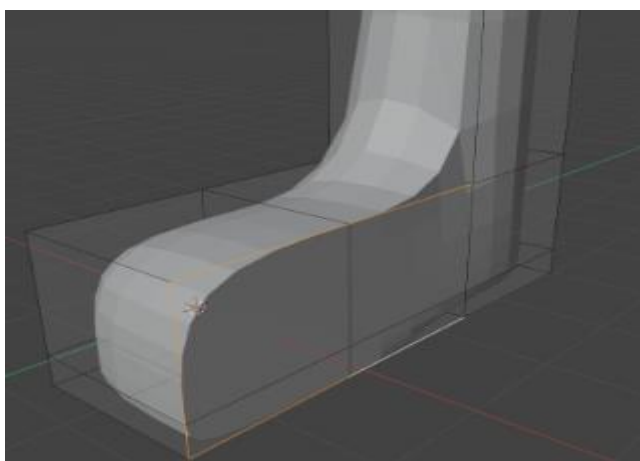


Рис. 3.2. Приклад роботи модифікатора subdivision surface

Як, видно, з прикладу, модифікатор subdivision surface заокруглює всі гострі кути, шляхом збільшення кількості полігонів. Не завжди треба настільки сильно заокруглювати модель, тому для вирішення цієї проблеми можна використати інший модифікатор, а саме: bevel (рис. 3.3). Він допоможе створити фаску на гострих кутах моделі. Але важливо зауважити, що його застосовувати необхідно перед застосуванням subdivision surface. Таким чином subdivision surface буде накладатись на модель, яка вже не має настільки гострих кутів й дія цього модифікатора не буде настільки радикальною.

Якщо, після проробленим дій, результат не відповідає очікуваному, то є можливість додати додаткові підтримуючі ребра, аби зробити дію модифікатора subdivision surface, в парі з bevel, наближеним до бажаного результату.



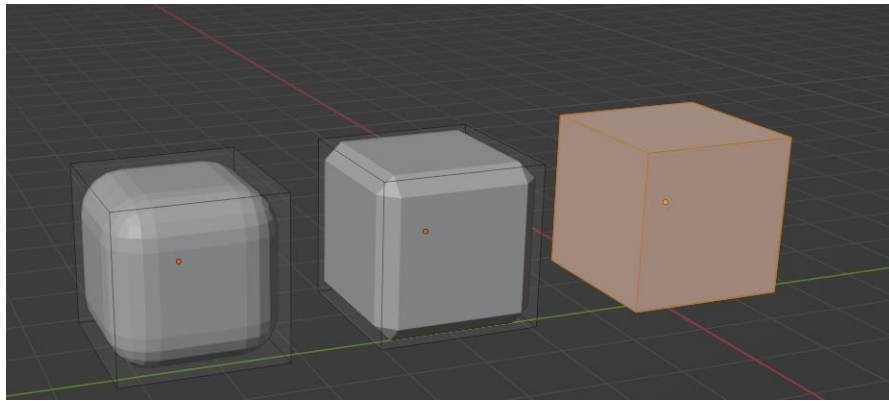


Рис. 3.3. Приклад роботи модифікатора bevel

Фаска (bevel) — це скошування або заокруглення кутів на об'єктах, яке використовується для усунення різких країв і надання більш природного вигляду. У реальному світі практично не існує абсолютно гострих кутів, завжди присутнє хоча б мінімальне закруглення. Тому в тривимірному моделюванні фаски додаються для реалістичності та точного відтворення фізичних властивостей об'єктів. Окрім естетичної функції, фаски відіграють важливу роль у створенні об'єму моделі. На освітлених ділянках фаски створюють блики, які додають глибини та реалізму, в той час як на ідеально гострих кутах світло відбивається менш помітно або не відбивається взагалі. Це також полегшує подальше текстурування та рендеринг моделей, забезпечуючи більш плавні переходи між поверхнями.[10]

Відповідно до цих базових інструментів та методів моделювання ми розроблюємо всі інші деталі надводного апарату. Також необхідно зазначити, що використаний модифікатор subdivision surface має аналоги у інших застосунках, оскільки є одним з методів моделювання тривимірних та двовимірних моделей. Цей метод називається subdiv-моделінгом й містить в собі декілька правил:

1. Полігони має містити 4 вершини. Менша кількість полігонів є недостатньою для коректної роботи, а більша кількість, так звані N-гони, складні в опрацюванні й майже стовідсотково будуть містити артефакти, розтяжки й неправильно топологію. Правильним це твердження є для кривих, циліндричних та перехідних поверхнях.

2. Трикутники та N-гони допускається використовувати в тих місцях, де їх знаходження не псує шейдинг й не несе за собою наслідків у вигляді артефактів.

3. В одній точці має сходитись не більше чотирьох граней. Це правило працює виключно для точок й граней, які знаходяться у одній площині.

Далі наведені загальні правила моделювання:

- Відсутність дубльованих вершин: Необхідно переконатись, що у моделі немає дубльованих вершин, які можуть спричинити артефакти;

- Відсутність внутрішніх поверхонь: Необхідно видаляти внутрішні поверхні, які не видно й які тільки збільшують кількість полігонів та навантаження на систему;

Ці, на перший погляд, прості правила потрібно пам'ятати та використовувати при створенні 3D-моделей. У Blender є функція детекції виправлення подібних помилок. Це дуже зручно, особливо на великих кількостях полігонів. Під час моделювання за допомогою subdivision surface, якщо такі проблеми не будуть виправлені одразу, то в подальшому це може призвести до перероблення всієї моделі майже з нуля, адже деякі артефакти буде неможливо виправити на пізніх етапах створення моделі. Приклад основних частин надводного апарату на ринку (рис. 3.4).

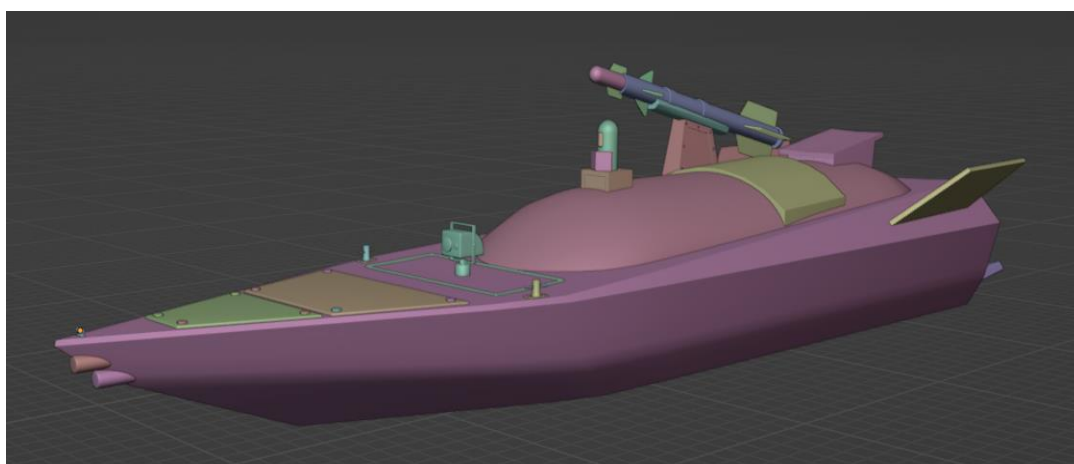


Рис. 3.4. Приклад основних частин моделі

Для більш зручної роботи с симетричними об'єктами в Blender є модифікатор Mirror, який дозволяє дзеркально відобразити об'єкт або частину об'єкта відносно заданої осі або площини.

Модифікатор Mirror дозволяє автоматично об'єднувати вершини, які знаходяться близько до площини віддзеркалення, завдяки опції Merge. Також можна використовувати інший об'єкт як центр віддзеркалення, що дає додаткову гнучкість у створенні складних симетричних конструкцій.

Також застосуємо у розробці моделі модифікатор Solidify, який додає товщину до об'єкту, перетворюючи двовимірну поверхню на тривимірний об'єкт. Це досить корисно для створення товстих панелей, корпусів та інших деталей з певною товщиною. Можна налаштувати товщину та напрямок (назовні або всередину) застосування товщини. За допомогою цього модифікатора додаємо товщину до окремих панелей, дверцят та люків, щоб вони виглядали більш масивними і правдоподібними. Приклад застосування модифікатора наведено на рисунку (рис. 3.5).

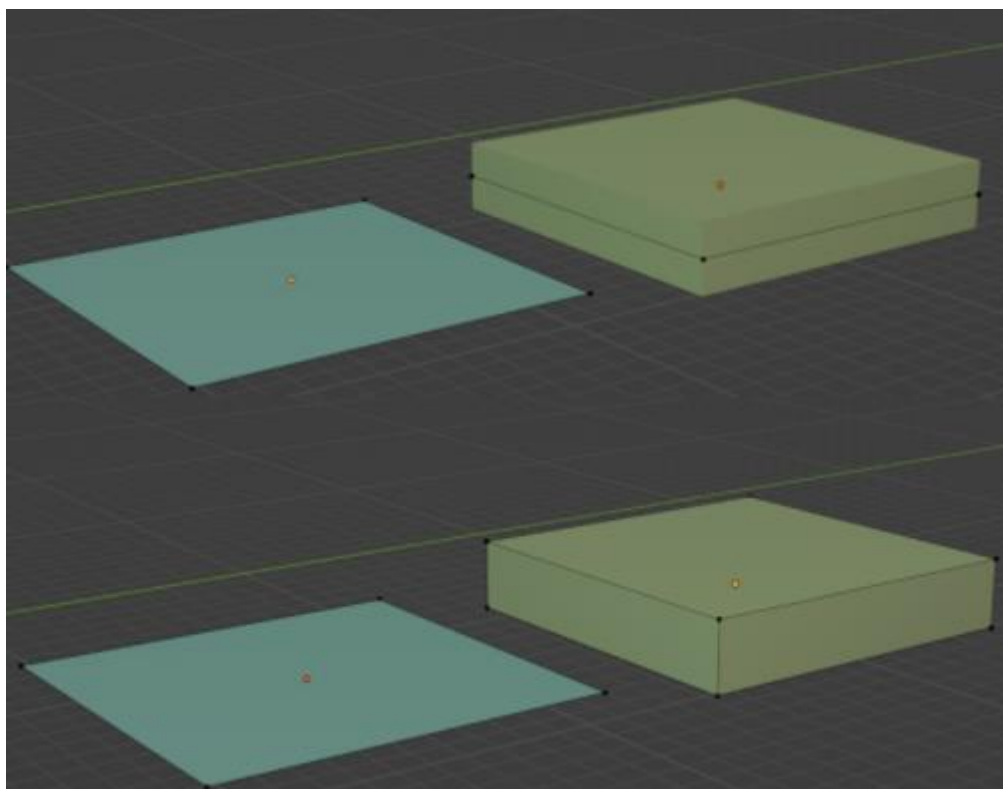


Рис. 3.5. Принцип роботи модифікатора Solidify

Наступним було використано модифікатор Shrinkwrap, який дозволяє об'єкту прилягати до поверхні іншого об'єкта, що особливо корисно для створення деталей, які точно повторюють форму основної моделі. Його було використано, аби додати на корпус елементи кріплення, а саме гвинти та інші елементи корпусу. Цей модифікатор дозволив забезпечити реалістичне розташування елементів, без враження того, що вони «висять» у повітрі. Приклад використання цього модифікатора наведено на рис. 3.6.

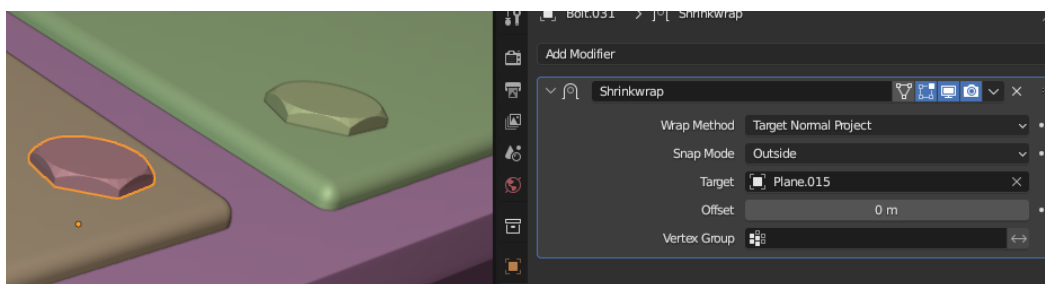


Рис. 3.6. Приклад використання модифікатора Shrinkwrap

Ще одним модифікатором, який було використано при створенні high-poly був модифікатор Boolean. Він дозволяє об'єднувати, вирізати або перетинати геометрії двох об'єктів. Це дуже потужний інструмент для створення складних форм і деталей, яких важко досягти іншими методами. В цій роботі також був використаний потужний аддон для Blende під назвою BoolTool.

BoolTool – це додатковий інструментарій, який значно спрощує роботу з булевими операціями. Використання цього аддону дозволяє швидше і легше створювати складні моделі, застосовуючи різні булеві операції для поєднання, вирізання або перетину об'єктів. BoolTool підтримує такі операції як: Union (Об'єднання), Difference (Різниця), Intersect (Перетин). Надає можливість працювати з системою каркасу VMesh, яка забезпечує точніші результати булевих операцій, зменшуючи кількість артефактів і зберігаючи геометрію. Приклад роботи аддону наведено на рисунку (рис 3.7).

До переваг цього аддону можна віднести простоту використання, ефективність у виконанні свої задач та інтерактивність. Інтерактивність – це одна

з найбільших переваг BoolTool так як булеві операції між об'єктами досить незручно реалізовані у стандартній версії програмного застосунку Blender.

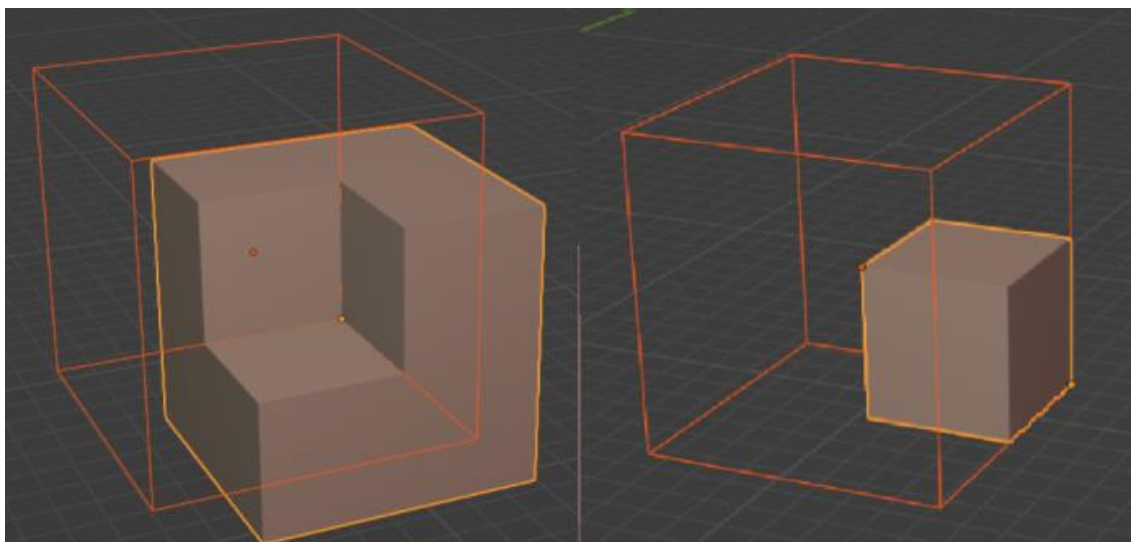


Рис. 3.7. Приклад роботи BoolTool

На рис. 3.8. наведена high-poly модель, яка була розроблена, використовуючи інструменти та модифікатори оглянуті вище.

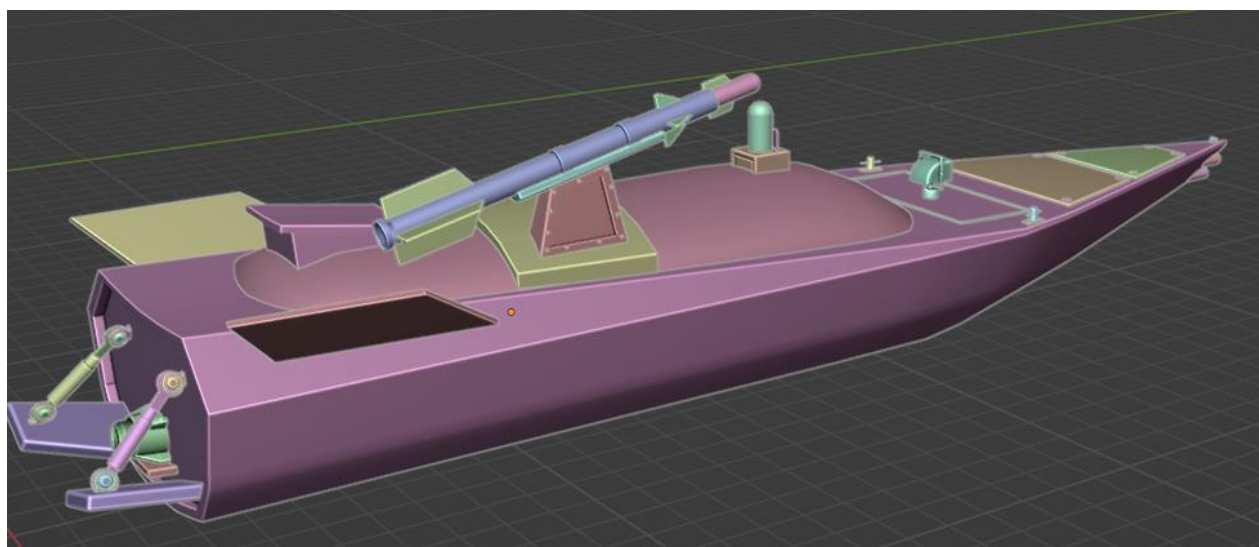


Рис. 3.8. Завершена високополігональна модель

### 3.3. Створення low-poly моделі

Для створення low-poly моделі можна використати всього декілька способів її розробки. Проте, так як мною вже була реалізована high-poly модель за допомогою subdiv-моделінгу, то створення low-poly моделі значно спрощується за рахунок того, що не треба з нуля знову створювати модель. Достатньо лише дублювати high-poly та вимкнути всі модифікатори, які направлені на створення high-poly моделі. Це спрацює виключно тоді, коли ці модифікатори не були збережені на high-poly моделі, в інших випадках зняти модифікатори, які вже знаходяться на моделі й є збереженими на ній – неможливо. То ж для створення low-poly дублюємо першу високополігональну модель та видаляємо всі додані модифікатори.

Тепер в нас є майже готова low-poly модель. Але треба притримуватись деяких принципів, аби завершити її правильно. До цих принципів входять:

- Оптимізованість моделі. Вона повинна містити не велику кількість полігонів, яка відповідає критеріям замовника;
- Співпадіння по геометрії та формам з high-poly, де це необхідно;
- Видалення усіх полігонів, які не будуть видні користувачеві.

Першим етапом йде оптимізація.

Перший крок в оптимізації полягає у зменшенні кількості полігонів без втрати деталей та виключно там, де це необхідно. За допомогою модифікатор Decimate, щоб автоматично зменшити кількість полігонів у моделі.

Деякі артефакти моделі важко, неможливо, а іноді й недоцільно виправляти за допомогою модифікаторів чи інструментів. Тому деякі деталі виправляю вручну. Приклад оптимізації наведено на рис. 3.9 та 3.10.[11]

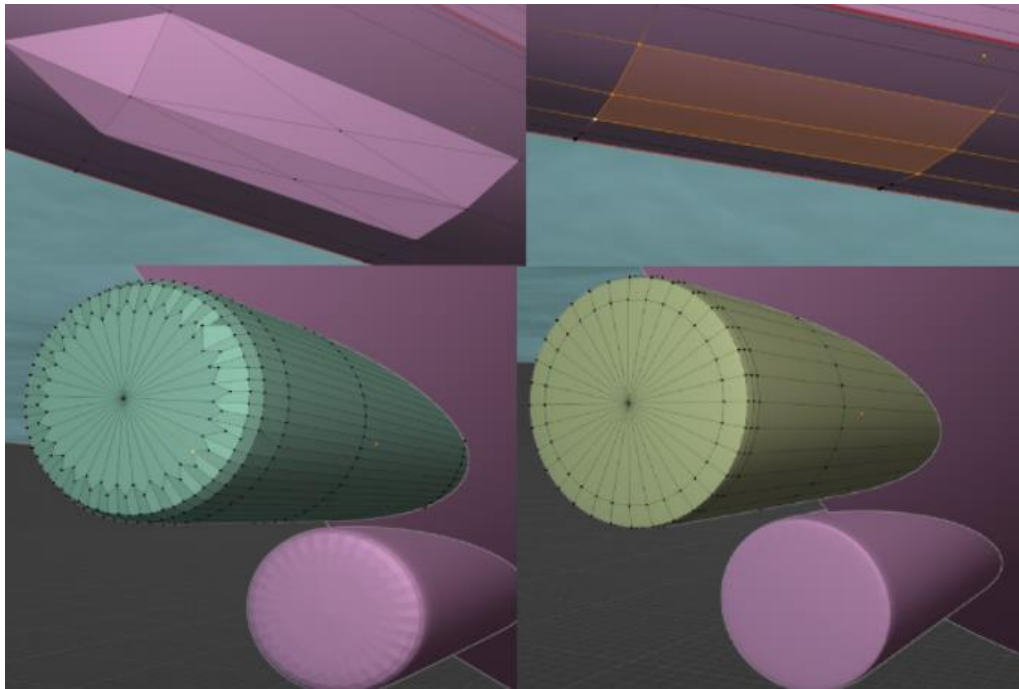


Рис. 3.9. Приклади оптимізації

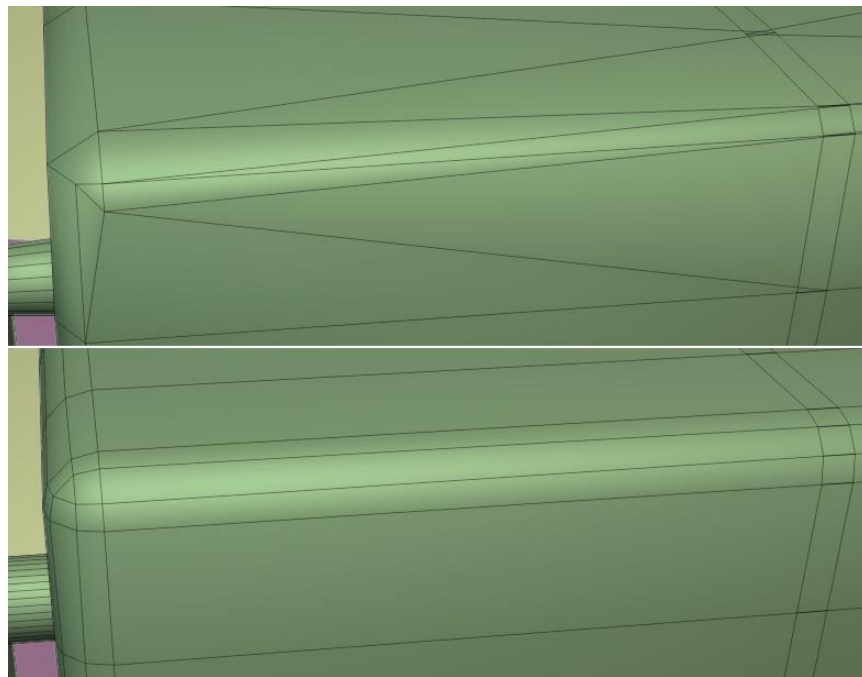


Рис. 3.10. Приклад оптимізації полігонів

На рисунках видно, що ми можемо зводити вершини в одну точку для зменшення кількості полігонів. Також прибираємо фаски, що значно зменшить кількість полігонів моделі. Це робить гострі кути в моделі, проте, важливо зазначити, що прибирати всі фаски необов'язково або навіть непотрібно.

Це все залежить від місця. Тобто, немає нічого хибного в тому, що ми прибираємо всі фаски та максимально оптимізуємо полігони, якщо це

відбуватиметься в тих місцях моделі, де користувач не буде цю оптимізацію бачити. З іншої сторони, максимально оптимізувати ті частини моделі, які будуть постійно в полі зору користувача – не потрібно, адже це вже досить сильно може позначитись на загальній якості моделі та на враженні від неї.

До наступного етапу можу віднести порівняння вже оптимізованої low-poly зі створеною раніше high-poly. Це, в першу чергу, необхідно для розуміння, що під час виконання оптимізації не були втрачені пропорції моделі, розміри та геометрія. За для більшої наочності пофарбував high-poly та low-poly моделі у різні кольори. Приклад на рисунку (рис. 3.11).

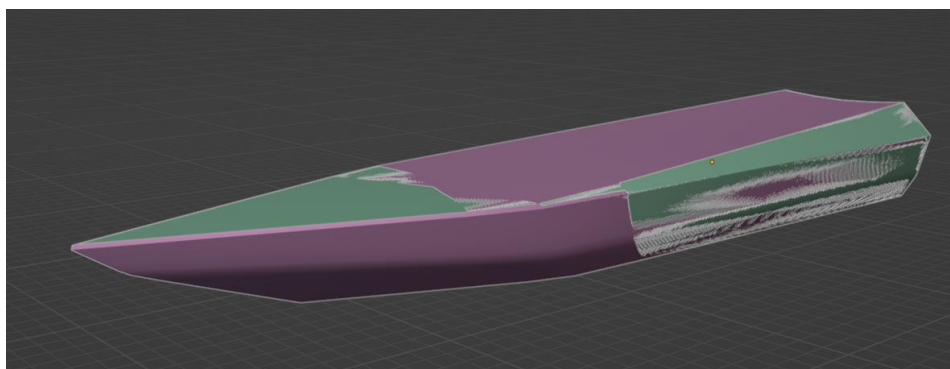


Рис. 3.11. Приклад порівняння low-poly з high-poly

Виходячи з візуалізації(рис. 3.11) можемо зробити висновок, що моделі перетинаються та знаходяться у одних й тих же координатах. Це дає розуміння, що ми не відійшли від запланованої моделі при її оптимізації.

Необхідно додати, що крім одних координат розташування двох об'єктів у просторі, важливим є й розташування їх оріджинів в одній точці. Оріджин в Blender – точка (центр) навколо якого відбуваються всі дії. В залежності від його місцезнаходження, об'єкт буде по різному модифікуватись. Це більше стосується саме фізичних дій над об'єктом, але є не менш важливим на даному етапі розробки.

Готова low-poly модель наведена на рисунку (рис. 3.12). Проте, її вигляд не зовсім коректний при активованому згладжуванні.



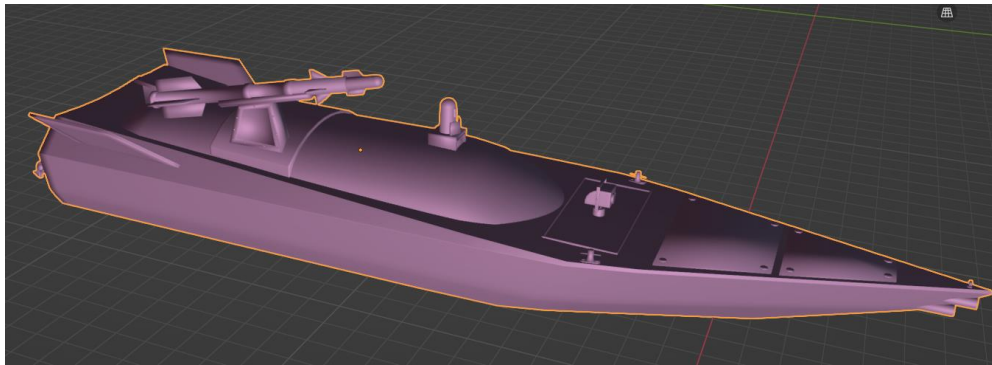


Рис. 3.12. Приклад не правильного шейдингу на low-poly

Це відбувається через використання функції згладжування моделі інструментом `shade smooth`. Цей інструмент згладжує весь об'єкт повністю, не зважаючи на чіткі грані. Для уникнення цього, можна використовувати функцію автоматичного згладжування (`shade auto smooth`), яка дозволяє згладжувати грані в залежності від заданого кута. Це робить грані гострими або згладженими залежно від їхнього кута.

Для ситуацій, коли ці стандартні інструменти шейдингу не можуть виконати коректний шейдінг, приходь час виправляти все власноруч. Для цього можемо використовувати параметри `sharp edges` та `clear sharp edges`.

Ми вибираємо потрібні грані, які необхідно відредагувати та застосовуємо один з вище вказаних параметрів. `Sharp edges`, якщо хочемо зробити їх чіткими або ж гострими чи `clear sharp edges` аби додати згладжування.

Зрештою модель після всіх цих маніпуляцій виглядає наступним чином, приклад наведений на рис. 3.13.

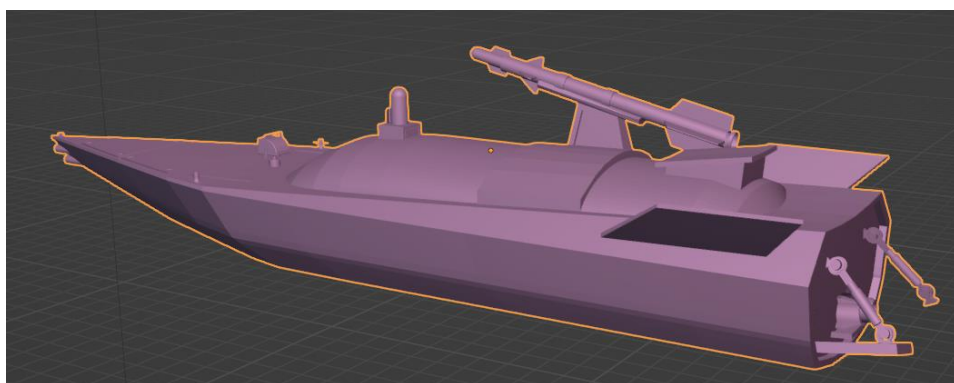


Рис. 3.13. Шейдинг з виставленими sharp edges

Не меш важливим є неймінг, як у програмістів, так й у 3D-художників гарним тоном вважається правильний й вичерпний неймінг.

Це буде завершальним етапом створення low-poly моделі. На цьому етапі ми присвоїмо назви частинам моделі окремо для low-poly, так окремо для high-poly. Назви однакові, проте, у назва частин моделі low-poly має бути приписка low, а у high-poly, відповідно, high.

Це потрібно передусім для зручності, адже при запіканні не потрібно буде розташовувати всі частини власноруч. Програма все зробить за нас. На рис. 3.14. наведено приклад коректного найменування елементів моделі.

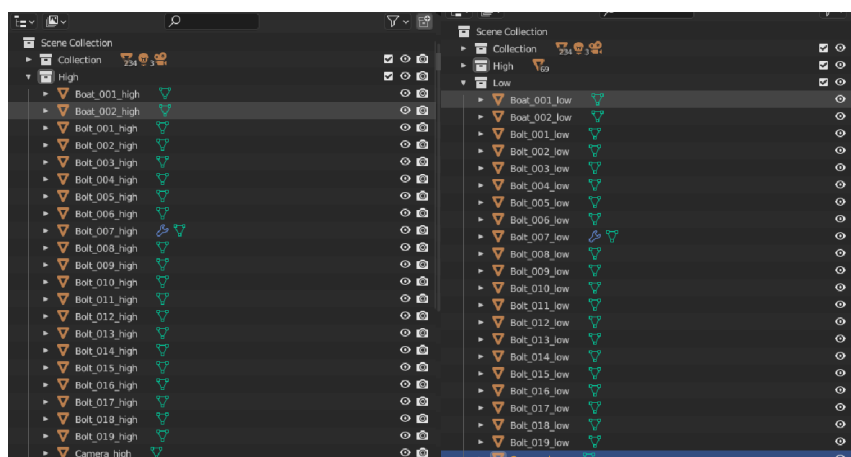


Рис. 3.14. Коректне найменування об'єктів

### 3.4. Розгортка UV-координат

Розгортка UV-координат - важливий етап у процесі роботи з моделями в Blender. Це може здатися рутинним, але правильне виконання допомагає забезпечити якісну текстуру. Ось кілька кроків, які можна виконати у Blender для створення UV-розгортки:

- Виділення hard-еджів: Використовуючи режим редагування, можна виділити hard-еджі, які будуть служити як основа для розміщення швів. Це можна зробити, використовуючи інструмент "Mark Seam".

- Розставлення швів: Після виділення hard-еджів, шви можна розставити на моделі відповідно до необхідних правил. Деякі шви можуть бути додані вручну, якщо це потрібно для забезпечення правильної форми UV-шелів.

– Розгортання UV-шелів: Після розставлення швів модель можна розгорнути для створення UV-розгортки. Це можна зробити, переходячи в режим розгортання UV-шелів.

– Вирівнювання країв UV-шелів: У режимі розгортання можна використовувати інструменти вирівнювання для забезпечення рівномірного розміщення шелів.

– Пакування UV-шелів: Після розгортання UV-шелів їх можна ефективно запакувати, щоб максимально використати текстурний простір. Blender має інтегровані інструменти для автоматичного пакування UV-шелів.

– Застосування текстури: Після створення UV-розгортки і пакування UV-шелів можна застосувати текстуру на модель. Це можна зробити, використовуючи матеріали і текстури у Blender.

Шви будуть зроблені в Blender, тому спочатку я позначу всі hard-еджі на low-poly моделі і додам до них шви за допомогою функції "Mark Seam". Таким чином, більшість швів вже буде готова. Наприклад, на круглих елементах, зображених на рисунку (рис. 3.15). Це потрібно для того, щоб можна було рівномірно розмістити такі елементи в прямокутники. Такі шви будуть додані на більшості схожих елементів, за винятком тих ситуацій, в яких текстура не потребує цього і не має зривів або розтяжок.

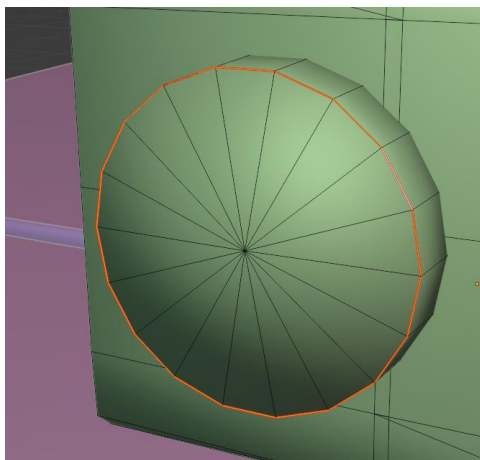


Рис. 3.15. Коректне розміщення швів на округлих фігурах

Я маркую грані як шви на необхідних місцях, аби утворити шели простішої форми. Це необхідно для подальшої їх простоти текстурування.

У місця, подібних до того, що наведено на рисунку (рис. 3.16). шви не потрібно маркувати, оскільки гострі грані відсутні й на high-poly вони достатньо заокруглені

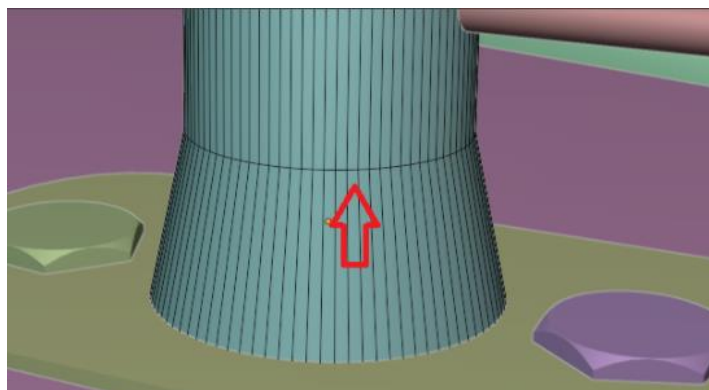


Рис. 3.16. Місце де шви не обов'язкові

Всі шви промарковані, тепер лишається розгорнути створену модель. Приклад на рисунку розгортки (рис. 3.17).

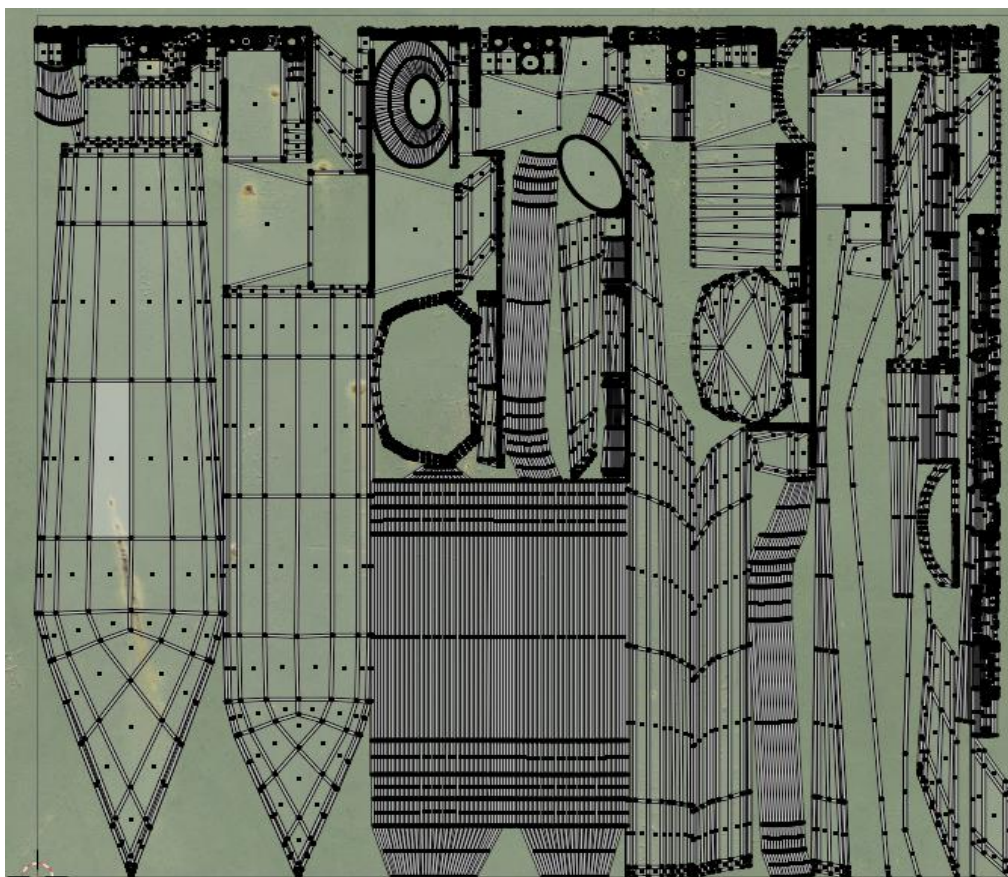


Рис. 3.17. UV розгортка моделі

### 3.4. Текстурування

Текстурування є важливим етапом створення 3D-моделі надводного морського апарату в Blender, який додає моделі реалістичний вигляд та деталі. Після завершення моделювання і перед початком текстурування необхідно переконатися, що вся геометрія моделі є правильною, а топологія - чистою.

Після створення UV-розгортки приступайте до нанесення текстур. В Blender існує безліч способів текстурування, зокрема використання готових текстурних карт, малювання текстур вручну або застосування процедурних текстур. Для імпорту готових текстур скористайтеся вкладкою Shader Editor, де можна налаштувати вузли матеріалів. Підключіть текстурні карти до відповідних слотів матеріалів, таких як колір (Base Color), нормалі (Normal Map), металевість (Metallic), шорсткість (Roughness) та інші.[12]

Процедурні текстури дозволяють створювати складні текстури без використання зовнішніх файлів. Вони генеруються безпосередньо в Blender за допомогою налаштувань та вузлів Shader Editor. Це особливо корисно для створення текстур металу, іржі, води та інших природних матеріалів, які можуть бути присутніми на надводному морському апараті.

Після нанесення основних текстур важливо налаштувати деталі та ефекти. Використовуйте карти нормалей для додавання дрібних деталей поверхні, таких як болти, шви або подряпини. Карти шорсткості та відбивної здатності допоможуть зробити поверхню моделі більш реалістичною, контролюючи, як світло взаємодіє з різними частинами моделі.

Завершальним етапом текстурування є перевірка результатів на фінальному рендері. Виконайте тестовий рендеринг, щоб оцінити вигляд текстур у різних умовах освітлення та під різними кутами. При необхідності вношу корективи у текстури або матеріали для досягнення оптимального та реалістичного результату.[14]

Текстурування в Blender є творчим та технічним процесом, який значно впливає на фінальний вигляд 3D-моделі. Використання правильних методів і

інструментів дозволяє створити детальну та реалістичну модель надводного морського апарату, готову до презентації чи інтеграції у більш складні сцени.

Створення нового матеріалу. Екран редагування нод виглядає так, як показано на рисунку (рис. 3.18).

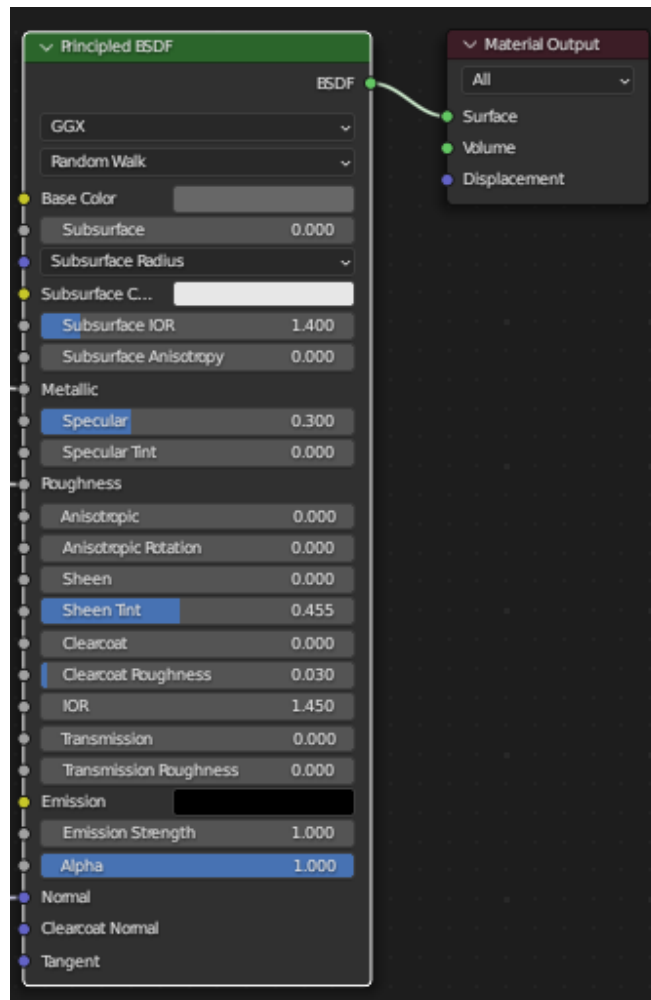


Рис. 3.18. Стартове вікно налаштування текстур

На шейдері principled BSDF я змінюю параметри Base Color, аби змінити основний колір шейдеру на більш темний та Specular, щоб зменшити кількість відбитого від поверхні моделі світла.

Наступним етапом є додавання ноди Noise Texture та Color Ramp. З'єднаю їх в послідовності: вихід кольору від ноди шуму(noise) до входу фактору у ноді Color Ramp. В свою чергу останню ноду через вихід кольору з'єднаю з входом головного шейдеру під назвою roughness. Цей параметр шейдеру відповідає за

грубість текстури або ж її жорсткість. Схему поєднання цих нод наведено на рисунку (рис. 3.19).

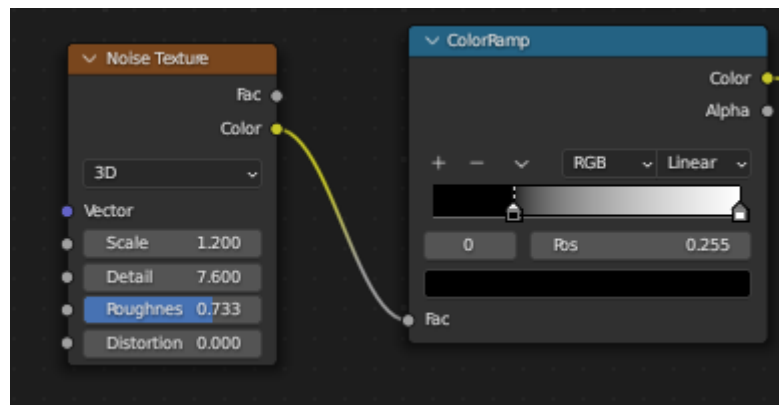


Рис. 3.19. Схема поєднання нод

Далі додаю ноду регуляції кольору для параметру metallic у головному шейдері. Необхідно, аби придати текстурі візуальних металічних характеристик. Схему наведено на рисунку (рис. 3.20).

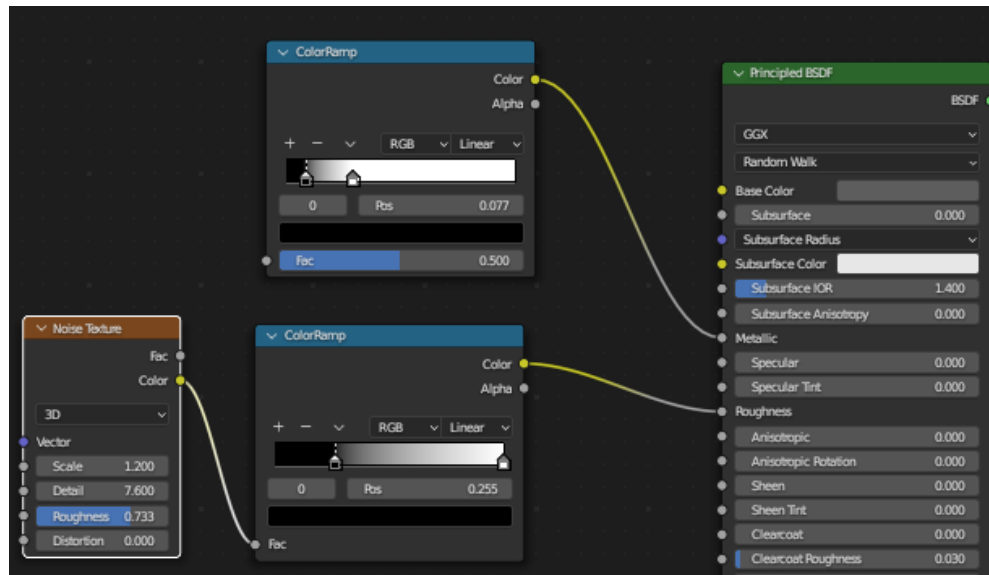


Рис. 3.20. Схема поєднання нод із шейдером

Далі йде нода Texture Coordinate, яка надає різні типи координат для текстурування. У нашому випадку ми використовуємо координати Generated, які автоматично генеруються для кожного об'єкта. Цей нод підключається до Mapping ноду, що дозволяє нам трансформувати ці координати.[15]

За нею додаємо та налаштовуємо вузол Mapping, який використовується для масштабування, переміщення та обертання текстури. Тут ми використовуємо його для зміни масштабу текстури. Це дозволяє нам точно контролювати розмір текстури на об'єкті. Вхідні Vector дані з Texture Coordinate підключені до Mapping ноду, після чого вихідні дані з Mapping надсилаються до наступних нодів.

Між цими нодами необхідно розмістити Noise Texture, ця нода генерує шумову текстуру для додання випадковості і деталізації нашому матеріалу. Шумова текстура має налаштування масштабу, деталей і спотворення. В цьому прикладі, ми встановлюємо масштаб на 5, що забезпечує детальну і дрібну текстуру, та деталі на 2, що додає складності шумовій карті. Приклад зв'язку цих елементів наведено на рис. 3.21.

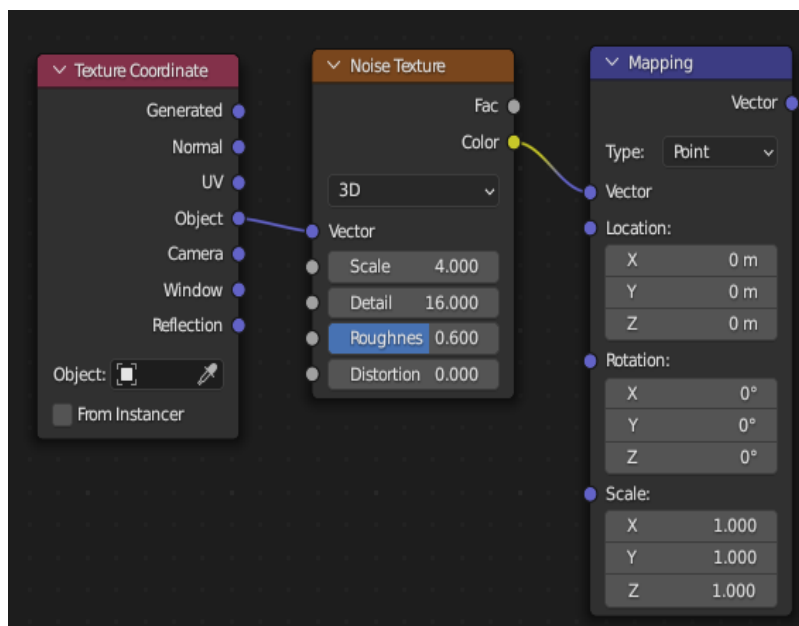


Рис. 3.21. Схема з використанням Noise Texture ноди

Для додаткової деталізації ми додаємо ноду Voronoi Texture. Ця нода створює візерунок, схожий на клітинки, що часто використовується для створення текстур природних матеріалів. Ми підключаємо вихід Vector з Mapping до Voronoi Texture. Масштаб Вороного встановлюється на 10, що дає нам середній розмір клітинок.



Щоб контролювати вигляд клітинок Вороного, додаємо ще один ColorRamp нод. Він дозволяє нам змінювати кольори на основі значень з Voronoi Texture. Ми знову використовуємо градієнт від чорного до білого, щоб створити чіткий контраст між клітинками. Приклад реалізації наведено на рис. 3.22.

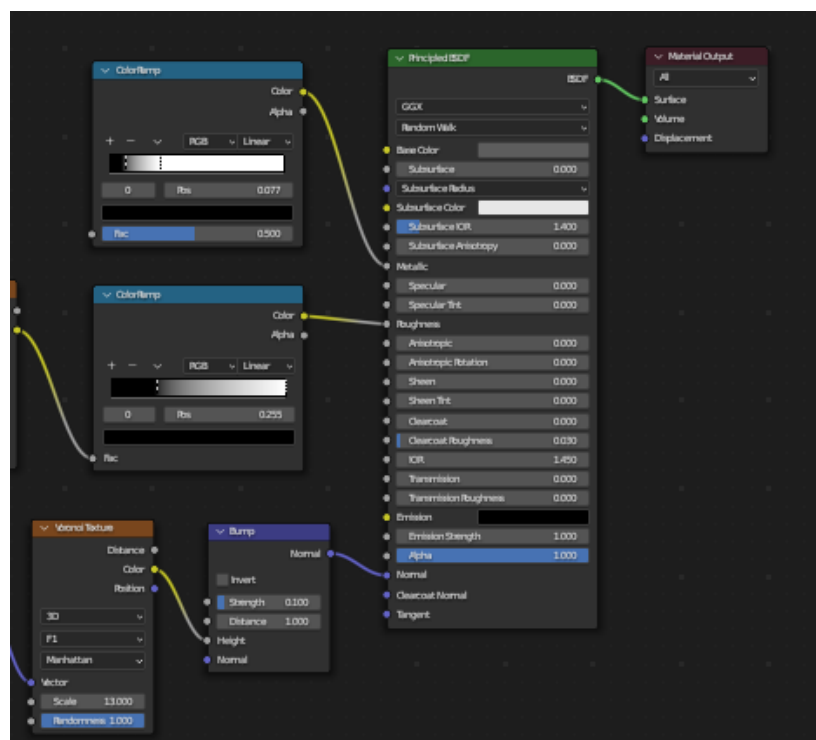


Рис. 3.22. Схема з використанням Voronoi ноди

Для додання рельєфу нашому матеріалу використовуємо Bump нод. Ми підключаємо вихід Color з ноди Voronoi до входу Height ноду Bump. Це дозволяє нам використовувати значення кольору для створення рельєфу на поверхні об'єкта. Вихід Normal з Bump підключаємо до входу Normal в Principled BSDF. Загальний вигляд схеми наведено на рисунку (рис. 3.23).

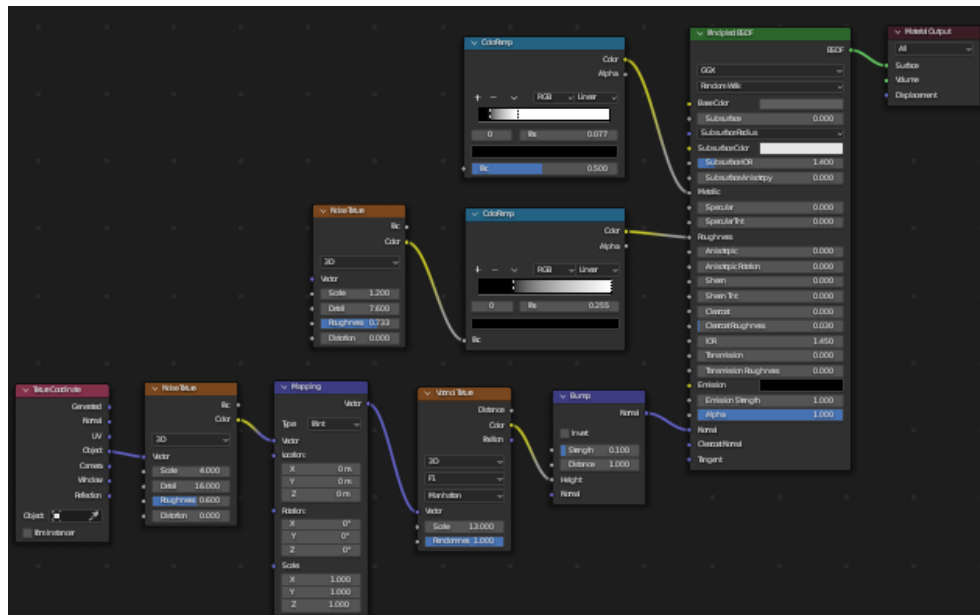


Рис. 3.23. Схема з використанням Bump ноди

### 3.6. Створення сцени

Створення сцени для рендерингу - є важливим етапом у процесі тривимірної графіки та анімації через кілька ключових причин.

На сам перед якість освітлення у сцені відіграє вирішальну роль у тому, як глядач сприйматиме об'єкти. Правильне налаштування світла може підкреслити текстури, форми та матеріали, створюючи відповідну атмосферу. Наприклад, природне освітлення може зробити сцену більш реалістичною, тоді як штучне освітлення може створити певний настрій чи стиль.

За для детально представлення розробленої моделі мною було додатково створено сцену моря.

Це оточення для рендерингу створювалось наступним чином:

Для створення процедурного матеріалу моря почнемо з налаштування координат текстури. Додаємо ноду Texture Coordinate, яка генерує різні типи координат для текстуровання, і використовуємо координати Generated, що автоматично генеруються для кожного об'єкта. Потім ці координати підключаємо до ноди Mapping. Mapping нода використовується для трансформації координат текстури, дозволяючи масштабувати, обернути і

переміщувати текстуру. У даному випадку, ми залишаємо налаштування за замовчуванням: масштаб 1, обертання 0 і місце розташування 0.

Наступним кроком є розділення координат на окремі компоненти. Для цього додаємо Separate XYZ нод, який розділяє вхідний вектор на окремі компоненти X, Y та Z. Вихід Vector з Mapping підключаємо до входу Vector ноду Separate XYZ. Приклад схеми зв'язку нод наведено на рисунку (рис. 3.24).

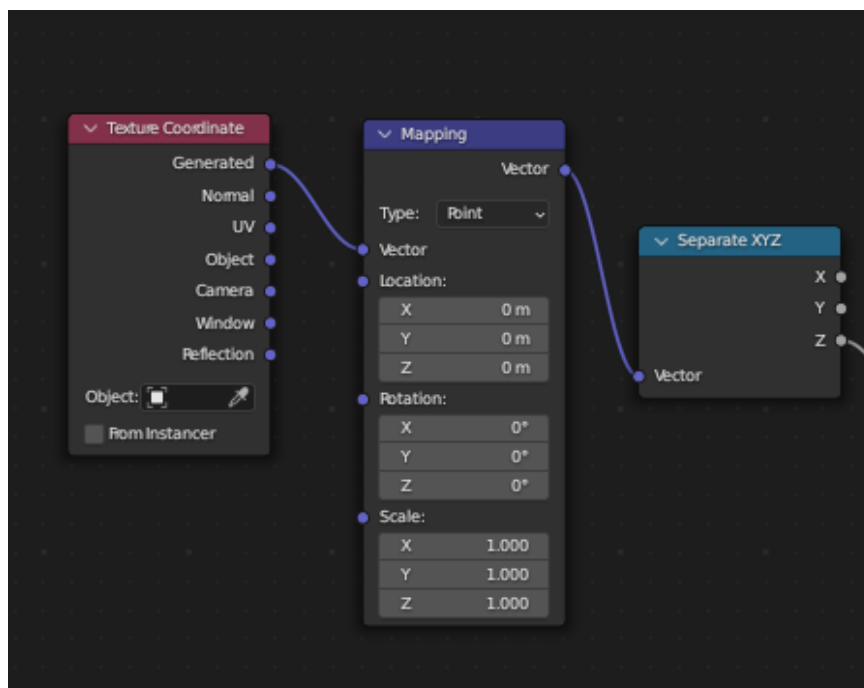


Рис. 3.24. Схема з використанням Texture Coordinate ноди

Тепер, коли ми маємо окремі компоненти координат, налаштуємо градієнт. Для цього додаємо ноду ColorRamp, яка використовується для управління кольорами на основі значень координат. У нашому випадку ми використовуємо компонент Z для створення градієнта. Підключаємо вихід Z з Separate XYZ, до входу Fac ноду ColorRamp, а потім налаштуємо градієнт у ColorRamp від чорного (RGB: 0, 0, 0) до синього (RGB: 0, 0, 1).

Далі додаємо Attribute нод для отримання геометричних даних. У нашому випадку ми використовуємо атрибут з назвою "foam". Підключаємо вихід Color з Attribute, до входу Base ноду Power, яка використовується для піднесення

значення атрибуту до степеня. Вихід Value з Power підключаємо до одного з шейдерів Principled BSDF. Приклад реалізації на рис. 3.25.

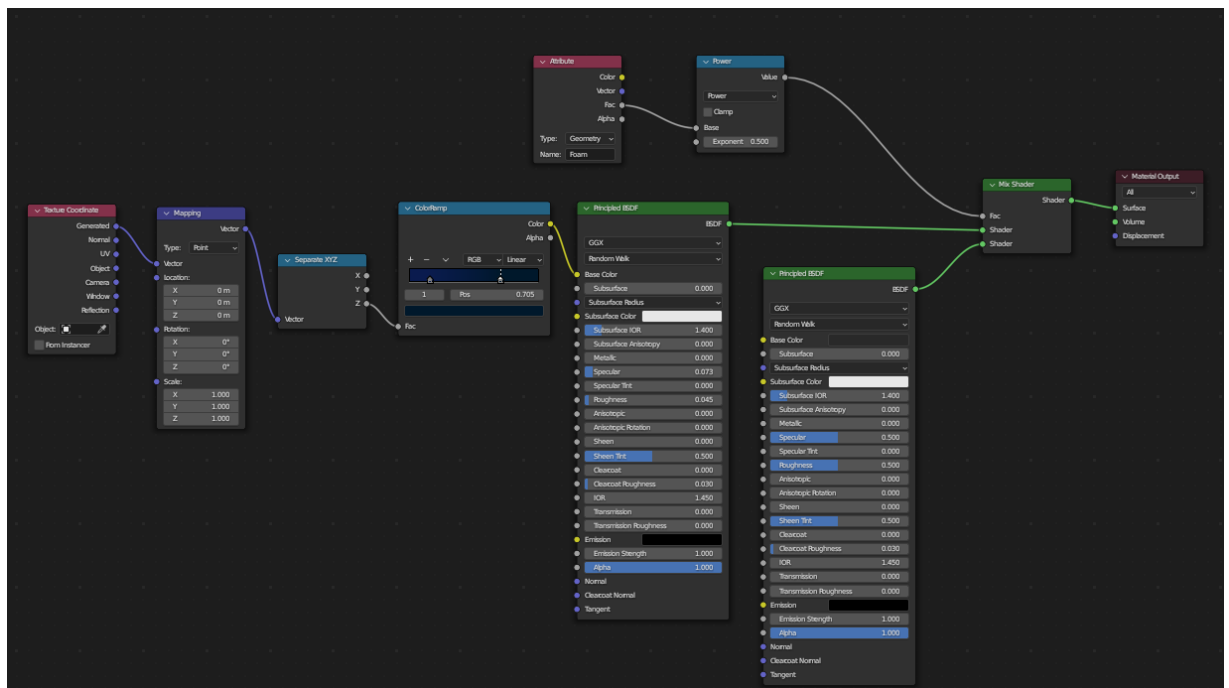


Рис. 3.25. Загальна схема матеріалу

На наступному етапі додаємо два Principled BSDF ноди для створення складного матеріалу. Перший Principled BSDF налаштовується так, що вихід Color з ColorRamp підключений, до входу Base Color. Другий Principled BSDF налаштовується таким чином, що його входи використовують значення атрибуту.

Тепер нам потрібно об'єднати два шейдери. Для цього додаємо ноду Mix Shader, яка дозволяє об'єднувати два Principled BSDF шейдери. Виходи BSDF з обох Principled BSDF підключаємо до входів Shader у Mix Shader.

Останній крок - підключення виходу Shader з Mix Shader, до входу Surface у Material Output. Це забезпечує рендеринг нашого матеріалу на об'єкті.

### 3.7. Рендеринг

Для фінального рендерингу моделі в Blender було додано текстуру оточення та три джерела світла. Налаштування рендерингу, як показано на рисунку (рис. 3.26), відіграють ключову роль у досягненні високоякісного зображення. Використовується рендер-рушій Cycles, який застосовує фізично точне трасування променів для створення фотореалістичних зображень. Це робить його ідеальним для складних сцен з високою деталізацією та реалістичними світловими ефектами.

Увімкнено експериментальний набір функцій, що надає доступ до нових можливостей, які можуть значно покращити результати рендерингу, але водночас можуть бути нестабільними. Цей вибір дозволяє використовувати останні розробки та інновації у рендерингу. Рендеринг виконується на графічному процесорі (GPU), що значно пришвидшує процес порівняно з використанням центрального процесора (CPU), завдяки великій кількості ядер GPU, які ефективно розділяють обчислення на паралельні потоки.

Налаштування семплів для viewport та фінального рендерингу налаштовані таким чином, щоб забезпечити оптимальний баланс між якістю та часом рендерингу. Для попереднього перегляду встановлено поріг шуму 0.1000 та максимальну кількість семплів 1024, що дозволяє отримати досить чисте зображення з відносно коротким часом рендерингу. Для фінального рендерингу поріг шуму значно знижено до 0.0100, а максимальна кількість семплів збільшена до 4096, що забезпечує високу якість зображення з мінімальним шумом, хоча і вимагає більше часу.

Увімкнене видалення шуму (denoise) дозволяє значно зменшити шум на фінальному зображенні, використовуючи спеціальні алгоритми згладжування. Це особливо корисно для швидшого досягнення чистого зображення без необхідності використовувати надмірно високу кількість семплів. Налаштування, такі як мінімальна кількість семплів та часовий ліміт, встановлені на 0, що означає, що рендеринг буде продовжуватись до досягнення порогу шуму або максимальної кількості семплів.

З такими налаштуваннями рендерингу можна очікувати, що фінальне зображення буде дуже високої якості з мінімальним шумом і чіткими деталями. Додавання текстури оточення та трьох джерел світла додає реалістичності та глибини, створюючи вражаючий кінцевий результат. Рендеринг на GPU та використання експериментальних функцій дозволяють оптимізувати процес і використати новітні технології для досягнення найкращих результатів. Фінальний результат наведено на рисунках (рис. 3.27).

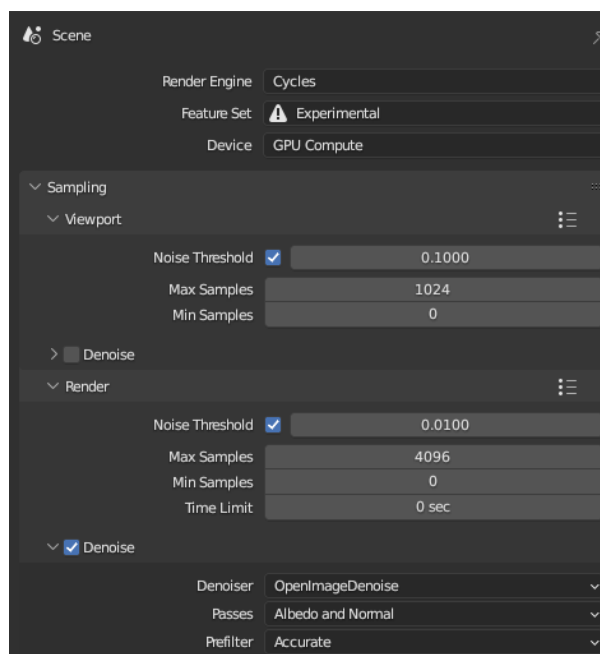


Рис. 3.26. Налаштування сцени рендирунгу



Рис. 3.27. Фінальний результат фронтальна сторона

## ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

Розділ 3 присвячений детальному аналізу процесу створення моделі надводного апарату з використанням сучасних методів та інструментів 3D-моделювання, зокрема програмного забезпечення Blender. У цьому розділі описано всі основні етапи та технічні прийоми, які використовувалися для досягнення кінцевого результату.

Перший крок процесу полягав у пошуку та аналізі референсів. Це критичний етап, оскільки саме тут формується загальне уявлення про необхідні деталі та компоненти моделі. Збір референсів дозволяє розробникам моделі отримати точне уявлення про структуру та особливості апарату, які необхідно відобразити у 3D-моделі. Використання Blender на цьому етапі спрощує роботу, дозволяючи працювати з референсами безпосередньо у робочому середовищі, що забезпечує зручність і точність у відтворенні необхідних деталей.

Наступним важливим етапом є створення high-poly моделі. Цей процес починається зі створення базових форм за допомогою примітивів. На цьому етапі використовуються такі модифікатори, як bevel та subdivision surface, які дозволяють досягти високого рівня деталізації, необхідного для реалістичної візуалізації моделі. Створення high-poly моделі є основою для подальших етапів, оскільки від якості та деталізації цієї моделі залежить кінцевий вигляд апарату.

Після створення high-poly моделі здійснюється перехід до розробки low-poly моделі. Цей процес включає дублювання high-poly моделі з подальшим видаленням модифікаторів. Основна мета на цьому етапі – оптимізація кількості полігонів без втрати критичних деталей, що забезпечує ефективність моделі у використанні. Low-poly модель є важливою, оскільки вона використовується в іграх та інших реальних додатках, де важлива не лише деталізація, а й продуктивність.

У розробці моделі надводного апарату було застосовано багато ключових інструментів та модифікаторів. Наприклад, модифікатори bevel та subdivision surface використовувалися для згладжування та деталізації моделі, що дозволяє

отримати плавні та реалістичні форми. Модифікатор `mirror` допомагає у створенні симетричних частин моделі, значно скорочуючи час на ручну роботу. `Solidify` додає товщину до панелей та корпусу, що робить модель більш реалістичною. `Shrinkwrap` використовується для точного розташування елементів кріплення, забезпечуючи точність і відповідність референсам. `Boolean` та `BoolTool` дозволяють створювати складні форми та деталі через булеві операції, що значно спрощує процес моделювання складних конструкцій.

Для досягнення якісного результату необхідно дотримуватися кількох важливих правил. Уникання дубльованих вершин та внутрішніх поверхонь допомагає зберегти чистоту моделі та запобігає виникненню артефактів. Забезпечення правильної топології з використанням полігонів з чотирма вершинами дозволяє створити більш контрольовану та передбачувану модель. Контроль кількості з'єднань в одній точці та уникання артефактів також є важливими аспектами для створення якісної моделі.

Таким чином, розробка 3D-моделі надводного апарату за допомогою Blender є складним і багатоступеневим процесом, що вимагає уважного підходу до кожного етапу роботи. Від пошуку та аналізу референсів до оптимізації моделі – кожен крок має вирішальне значення для досягнення кінцевого результату. Використання різноманітних модифікаторів та дотримання правил моделювання забезпечує створення якісних та реалістичних моделей. Створення `high-poly` та `low-poly` моделей з подальшою їх оптимізацією дозволяє досягти балансу між деталізацією та ефективністю використання ресурсів, що є ключовим для успішного виконання проекту.



## ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі на тему: «3D-модель надводного військового безпілотного апарату для виявлення та атаки цілей, створена у Blender» було розроблено тривимірну модель надводного апарату. Метою роботи було створення 3D-моделі надводного військового безпілотного апарату для виявлення та атаки цілей використовуючи сучасні методи та підходи до створення моделі.

В результаті огляду існуючих рішень було встановлено, що популярність військових (Military-tech) та ігрових (Game-tech) технологій тісно пов'язана з розвитком сучасних інновацій та їх застосуванням у різних сферах. Безпілотні апарати та системи виявлення цілей, забезпечують національну безпеку та ефективність бойових операцій, надаючи можливість виконувати завдання з високою точністю та мінімальними ризиками для людського життя. Ці технології не лише сприяють покращенню обороноздатності, але й впливають на стратегії ведення бойових дій та зменшення втрат у конфліктах.

Водночас, віртуальна та доповнена реальність, сприяють створенню реалістичних симуляцій та інтерактивних навчальних середовищ. Це дає змогу використовувати ігрові платформи для тренування військових, моделювання бойових ситуацій та оцінки ефективності нових стратегій і технік. Геймінг також відіграє важливу роль у популяризації сучасних технологій моделювання серед широкого загалу, сприяючи підвищенню обізнаності та зацікавленості новітніми розробками.

Створення 3D-моделі надводного військового безпілотного апарату у Blender демонструє, як Military-tech та Game-tech взаємодіють та доповнюють одна одну. Військові технології надають точність та функціональність, необхідні для моделювання складних систем, тоді як ігрові забезпечують інструменти для візуалізації та тестування. Цей симбіоз дозволяє створювати передові рішення, які можуть бути використані як у реальних бойових умовах, так і у навчальних симуляціях.

В процесі роботи було виконано огляд предметної області та її особливостей, в якій досліджено та проаналізовано актуальності сфери 3D-моделювання, сучасний стан предметної області, її виклики, можливості, а також ознайомитися з уже існуючими технічними рішеннями.

Наступним етапом є вибір інструментів для 3D-моделювання. Розглянуто базові принципи та методи тривимірного моделювання в Blender, що включають в себе пояснення основних концепцій, технологій та інструментів. Описано основні етапи розробки 3D-моделі, починаючи з концептуальних ескізів і закінчуючи готовим тривимірним об'єктом.

У третьому розділі описано практичну частину роботи, яка охоплює всі кроки створення 3D-моделі надводного апарату. В рамках цього етапу було проведено:

- Пошук, збір та аналіз референсів, що допомагають визначити необхідні деталі та компоненти моделі;
- Реалізовано високополігональну модель для досягнення високого рівня деталізації;
- Створено низькополігональну модель для оптимізації геометрії моделі та зменшення навантаження на розрахункові потужності. Виконано без погіршення загальної якості;
- Створено розгортку UV-координат, що дозволяє правильно нанести текстури на поверхню моделі;
- Додано реалістичності деталізації моделі за допомогою текстурування, що відкриває широкі можливості в створенні візуально привабливих та живих образів;
- Реалізовано сцени для розміщення моделі в відповідному оточенні, що дозволяє контекстуалізувати її в реалістичних умовах та ситуаціях;
- Створено фінальні зображення (рендер) моделі з усіма текстурами та ефектами, що надає їм завершеного вигляду;

Використання процедурної генерації матеріалів дало змогу значно зменшити кількість текстурних карт, тим самим оптимізувавши саму модель. На

фінальному етапі роботи було проведено розробку оточення, в якому буде знаходитися модель під час рендерингу, а саме: море. Для його створення також використовувались процедурно згенеровані матеріали.

Результатом виконання кваліфікаційної роботи є створена високоякісна 3D-модель надводного апарату, яка в подальшому може використовуватись у різних сферах, від ігрової до військової. Це підкреслює важливість і перспективи інтеграції сучасних 3D-технологій для досягнення нових вершин у розробці військових та ігрових продуктів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. J. Zhang, Y. Cui, and H. Wang, "An Automated Assessment System for Students' Learning Outcome Based on Deep Learning," in 2021 IEEE 13th International Conference on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics (IHMSC), Hangzhou, China, 2021, pp. 98-103.
2. SC Gusto Blender vs. Maya Compared / SC Gusto. URL: <https://all3dp.com/2/blender-vs-maya-cad-software-compared/> (дата звернення: 16.05.2024).
3. Український морський дрон-камікадзе. URL: <https://mil.in.ua/uk/articles/udarni-morski-drony/> (дата звернення: 20.05.2024).
4. Ukraine USV Drone. URL: <https://www.turbosquid.com/3d-models/ukraine-usv-drone-3d-model-2141129> (дата звернення: 20.05.2024).
5. Український морський дрон 3d-модель. URL: <https://www.military-references.com/project/naval-drone-ukraine-3d-model/> (дата звернення: 16.05.2024).
6. Українські БНА під час Російсько-української війни (з 2022). URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Українські\\_безпілотні\\_надводні\\_апарати\\_під\\_час\\_Російсько-української\\_війни\\_\(з\\_2022\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/Українські_безпілотні_надводні_апарати_під_час_Російсько-української_війни_(з_2022)) (дата звернення: 24.05.2024).
7. Потопили швидкісний катер та 5 суден: що відомо про українські морські дрони Magura V5. URL: [https://24tv.ua/magura-v5-dron-harakteristika-tsina-shvidkist-yaki-korabli-rosiyi\\_n2494425#2](https://24tv.ua/magura-v5-dron-harakteristika-tsina-shvidkist-yaki-korabli-rosiyi_n2494425#2) (дата звернення: 24.05.2024).
8. У світі тривимірної творчості: путівник для початківців у 3D моделюванні. URL: [https://cloud.itstep.org/blog\\_3/into-the-world-of-3d-creativity-a-beginners-guide-to-3d-modeling](https://cloud.itstep.org/blog_3/into-the-world-of-3d-creativity-a-beginners-guide-to-3d-modeling)(дата звернення: 09.05.2024).
9. LOTTER, Ruan. Taking Blender to the Next Level: Implement advanced workflows such as geometry nodes, simulations, and motion tracking for Blender production pipelines. Packt Publishing Ltd, 2022.
10. Полігональне моделювання: значення, особливості, рекомендації в роботі. URL: <https://klona.ua/uk/blog/3d-modeling-and-visualization-uk/poligonalne-modelyuvannya-znachennya-o>(дата звернення: 29.05.2024).

11. Blender 2.80 manual. URL: <https://docs.blender.org/manual/zh-hant/dev/index.html>(дата звернення: 07.05.2024).
12. Blender 3.5 Manual. Retopology. URL: <https://docs.blender.org/manual/en/latest/modeling/meshes/retopology.html>(дата звернення: 08.05.2024).
13. Підручник: "Розробка ігрових активів з використанням 3D-моделювання" - Автор: Литвиненко О.М., Видавництво: Інтерактивний світ, 2018. 400 с.
14. Van Gumster, Jason. Blender for dummies. John Wiley and Sons, 2020. 626 p.
15. Blender-manual project. URL: <https://projects.blender.org/blender/blender-manual#blender-documentation-latest-manual-https-docs-blender-org-manual-en-dev>(дата звернення: 08.05.2024).