

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ

Факультет дизайну

Кафедра мультимедійного дизайну

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

Розробка дизайну 3D ігрового середовища

у стилі гри «Sky: Children of the light»

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Спеціальність 022 Дизайн

Освітня програма Мультимедійний дизайн

Виконала: студентка групи БДм2-22

Волнянська В.П.

Науковий керівник к.т.н., доц.

Слітюк О.О.

Рецензент к.т.н., доц.

Васильєва О.С.

Київ 2026

АНОТАЦІЯ

Волнянська В.П. Розробка дизайну 3D ігрового середовища у стилі гри «Sky: Children of the light». – Рукопис.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавра за спеціальністю 022 Дизайн, Київський національний університет технологій та дизайну, Київ, 2026 рік.

У кваліфікаційній роботі досліджено процес розробки дизайну 3D ігрового середовища у стилі гри «Sky: Children of the light». Проведено аналіз еволюції 3D-графіки, методів та етапів створення 3D-моделей, а також сучасних тенденцій в ігровому дизайні. Досліджено особливості візуального стилю гри-референсу та обґрунтовано вибір програмних інструментів (Blender 3D та Adobe Substance 3D Painter). Розроблено 3D-ігрове середовище (кімнату), що включає в себе декілька змодельованих об'єктів інтер'єру, їх текстурування та налаштування відповідно до концепції гри-референсу.

Ключові слова: *3D-моделювання, ігрове середовище, ігровий дизайн, текстурування, UV-розгортка, ігрові рушії, оптимізація.*

SUMMARY

Volnianska V.P. Designing a 3D game environment in the style of the game «Sky: Children of the light». – The manuscript.

Bachelor's degree project in specialty 022 Design – Kyiv National University of Technologies and Design, Kyiv, 2026.

The bachelor's degree project examines the process of designing a 3D game environment in the style of the game "Sky: Children of the light". An analysis of the evolution of 3D graphics, methods and stages of 3D modeling, as well as current trends in game design was conducted. The visual style of the reference game was studied and the choice of software tools (Blender 3D and Adobe Substance 3D Painter) was justified. A 3D game environment (a room) was developed, including several modeled interior objects, their texturing and configuration in accordance with the concept of the reference game.

Key words: *3D modeling, game environment, game design, texturing, UV unwrapping, game engines, optimization.*

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1	11
АНАЛІТИКО-ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ 3D-МОДЕЛЮВАННЯ В КОНТЕКСТІ ІГРОВОЇ ІНДУСТРІЇ.....	11
1.1. Аналіз сучасного стану комп'ютерної 3D-графіки та її практичне застосування у прикладних галузях	11
1.2. Розвиток створення ігрових рушіїв	14
1.3. Сучасні способи 3D-моделювання та оптимізації в ігровій індустрії	16
1.4. Специфіка 3D-фотореалізму та принципи кросплатформеної розробки ...	21
1.5. Штучний інтелект як інструмент у 3D-моделюванні	26
Висновки до розділу 1	28
РОЗДІЛ 2	31
ДОСЛІДЖЕННЯ ХУДОЖНЬО-ТЕХНІЧНИХ АСПЕКТІВ 3D-МОДЕЛЮВАННЯ ТА РОЗРОБКИ ІГРОВОГО КОНТЕНТУ	31
2.1. Дослідження глобального ринку 3D-рендерингу та порівняння напрямів застосування 3D-графіки.....	31
2.2. Визначення особливостей стилю гри «Sky: Children of the light»	35
2.3. Обґрунтування вибору програмного забезпечення для 3D-моделювання....	39
Висновки до розділу 2	43
РОЗДІЛ 3.	44
МОДЕЛЮВАННЯ ТА ТЕКСТУРУВАННЯ 3D-СЦЕНИ У СТИЛІ ГРИ «SKY: CHILDREN OF THE LIGHT».....	44
3.1. Концепція та ідея розробки.....	44
3.2. Початкові ескізи та ідейні варіанти	47
3.3. Процес розробки 3D-ігрового середовища	51
Висновки до розділу 3	60
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	62
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	64
ДОДАТКИ.....	70

ВСТУП

Актуальність теми. Упродовж останнього десятиліття ігрова індустрія зазнала стрімкого розвитку, що зумовило підвищення вимог до якості візуального оформлення ігрових продуктів. Сучасні дослідження розглядають питання балансу між художньою виразністю та технічною оптимізацією тривимірної (3D) графіки як одне з ключових у процесі розробки ігрового середовища.

Ігрове середовище – це перше що бачить гравець. Саме воно формує перше враження про гру, яке може бути як позитивним, так і негативним. Гравець занурюється у вигаданий світ, створює емоційний зв'язок із ним і визначає загальну атмосферу продукту. Дизайн 3D-ігрового середовища включає в себе розміщення об'єктів у просторі, роботу з освітленням, матеріалами, рівнями деталізації, колірною палітрою та загальною художньою концепцією. Кожен з цих елементів має відповідати технічним вимогам обраної платформи і стилістичним особливостям створюваної гри.

Проблема балансу між естетичним виглядом та оптимізацією продукту в тому, що апаратні ресурси (оперативна пам'ять, графічний процесор, центральний процесор тощо) є обмеженими, і якщо ці можливості перевищувати – ми стикаємося зі зниженням частоти кадрів (FPS) і погіршенням плавності ігрового процесу, що позначається на якості користувацького досвіду. Сучасні гравці очікують стабільної та плавної роботи ігор при високій якості графіки, що робить питання оптимізації одним із найважливіших етапів для розробників.

Також, недолік у більшості наявних підходів полягає в тому, що часто технічні аспекти оптимізації та художні рішення розглядаються переважно окремо, без урахування їх взаємозалежності.

Оскільки стилізоване 3D-моделювання набуває популярності в ігровій індустрії, такі проекти як «Sky: Children of the light» демонструють, що художня виразність може поєднуватись з технічною оптимізацією. Попри це, подібний візуальний стиль залишається недостатньо дослідженим у контексті практичної розробки середовищ – це й зумовило вибір теми для фахової кваліфікаційної

роботи: «Розробка дизайну 3D ігрового середовища у стилі гри "Sky: Children of the light"».

Мета дослідження: розробити підходи до створення стилізованого 3D-ігрового середовища, а також дослідити способи, що дозволяють досягти виразної та атмосферної сцени з мінімальною кількістю полігонів.

Завдання дослідження:

- дослідити етапи розвитку ігрової 3D-індустрії;
- визначити концепції та технічні підходи у сфері 3D-моделювання та ігрового дизайну;
- проаналізувати основні сучасні тренди у ігровій графіці, такі як стилізований 3D-арт та фотореалізм;
- дослідити особливості стилю гри «Sky: Children of the light» та обґрунтувати вибір програм для практичної розробки;
- розробити дизайн 3D-кімнати для ігрового середовища у визначеній стилістиці;

Об'єкт дослідження: підходи, техніки та способи, до створення 3D-ігрового середовища, що поєднують привабливий вигляд, витриманий стиль та швидку роботу гри.

Предмет дослідження: 3D-ігрове середовище

Методи дослідження: на різних етапах дослідження було використано такі методи: *теоретичні* – аналіз, порівняння та класифікація наукової літератури і практичних матеріалів, що дозволили визначити стан досліджуваної проблеми та сучасні підходи до розробки ігрового середовища; *метод системного аналізу* – для уточнення базових понять дослідження; *порівняльний метод* – для аналізу різних стилістичних напрямів ігрової графіки та програмних інструментів; *узагальнення* - для формулювання висновків та практичних рекомендацій.

Елементи наукової новизни одержаних результатів: у роботі визначено художні та технічні особливості візуальної мови гри «Sky: Children of the light».

Запропоновано послідовність етапів моделювання та налаштування сцени, що дозволяє відтворити візуальний ефект м'якості та спрощеності форм.

Практичне значення одержаних результатів: полягає у розробці рекомендацій щодо моделювання та текстурювання об'єктів у стилі гри «Sky: Children of the light». Використання запропонованих підходів до оптимізації дозволить досягти візуальної якості без надмірного навантаження на комп'ютер чи мобільний пристрій. Отримані матеріали можуть слугувати практичним прикладом для розробників ігор у процесі створення ігрового простору.

Апробація отриманих результатів:

- XVIII Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні технології і автоматизація» 30-31 жовтня 2025 р. Одеський національний технологічний університет (додаток А рис А.1.);
- I Міжнародна науково-практична конференція «Комп'ютерні ігри і мультимедіа, як інноваційний підхід до комунікації» 21-22 травень 2026 р. Одеський національний технологічний університет (додаток А рис. А.2.);
- Державна реєстрація авторського права в Україні, УКРНОВІ, 12 травня 2026 р. (додаток А рис. А.3.);
- XXV Міжнародний конкурс із web-дизайну та комп'ютерної графіки, 25 травня - 17 червня 2026 р. Вінницький національний технічний університет (додаток А рис. А.4.).

Публікації:

- Волнянська В.П., Силенко Ю.В., Іванова М.С. Принципи створення фонових 3D-моделей та дослідження їхньої оптимізації для ігрового середовища: Інформаційні технології і автоматизація – 2025/Матеріали XVIII Міжнародної науково-практичної конференції, Одеса, 30-31 жовтня 2025, – Одеса, Видавництво ОНТУ. С. 1286-1288.
- Волнянська В.П., Слітюк О.О. Особливості розробки дизайну стилізованого ігрового 3D-середовища: Комп'ютерні ігри та мультимедіа як інноваційний

підхід до комунікації – 2026/Матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції, Одеса, 21-22 травня 2026, – Одеса, Видавництво ОНТУ. С. 341-343.

Структура кваліфікаційної роботи: зумовлює логіку дослідження та складається зі вступу, трьох розділів, висновків до розділів, загальних висновків, списку використаних джерел з них 20 іноземною. Загальний обсяг роботи разом із додатками 78 с., з них основного тексту 63 с.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІТИКО-ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ 3D-МОДЕЛЮВАННЯ В КОНТЕКСТІ ІГРОВОЇ ІНДУСТРІЇ

1.1. Аналіз сучасного стану комп'ютерної 3D-графіки та її практичне застосування у прикладних галузях

3D-моделювання та в цілому 3D-графіка, почали активно розвиватися у 1960-х роках, коли дослідники вперше спробували передати об'ємні форми на комп'ютерних екранах. Поворотним моментом стала поява програми Sketchpad у 1963 році, завдяки якій було створено одну з перших 3D-фігур. Саме ці розробки стали основою подальшого розвитку комп'ютерної графіки [2; 18].

У наступні десятиліття технології 3D-моделювання стрімко вдосконалювалися. З появою спеціалізованих програм стало можливим створювати складні моделі та працювати з ними інтерактивно. Найбільш інтенсивне зростання припало на 1990-2000-ні роки, коли сформувалися ключові інструменти індустрії, такі як 3ds Max, SolidWorks і Blender [2].

Сфера застосування 3D-моделювання надзвичайно широка. У будівництві та технічному проектуванні цифрові моделі дозволяють швидко створювати макети об'єктів, оптимізувати витрати та передбачати можливі проблеми ще до початку виробництва. У медицині тривимірна візуалізація допомагає створювати точні моделі органів, підвищувати якість діагностики та підготовку до операцій [3; 40].

У творчих галузях, включно з дизайном та ігровою індустрією, 3D стало основним засобом реалізації художніх задумів – для створення персонажів, середовищ, ефектів та анімацій. Саме індустрія відеоігор найбільше стимулює розвиток 3D-технологій, адже забезпечує потребу у реалістичних світах та занурюючому досвіді. Освітні заклади також використовують 3D-моделювання як частину професійної підготовки у сферах дизайну, інженерії та архітектури, адже цифрові моделі спрощують вивчення складних структур [3].

Згодом змінився і сам формат відеоігор. З розвитком консолей та інтернету прості проєкти, орієнтовані на невелику аудиторію, поступово перетворились на масштабні мультимедійні продукти з великими командами розробників та значними фінансовими вкладеннями. Саме тоді утвердився термін AAA, який позначає проєкти найвищого класу виробництва – з великими бюджетами, тривалими циклами розробки та орієнтацією на широку масову аудиторію [24].

Становлення тривимірної графіки відбувалося поступово й пройшло кілька ключових етапів. Спершу технології створення об'ємних моделей залишалися сферою академічних досліджень, де експериментували з алгоритмами геометрії та рендерингу. Перелом стався у 1982 році з виходом AutoCAD, який зробив комп'ютерне проєктування доступним на персональних комп'ютерах. Інженери й архітектори отримали можливість створювати точні креслення та трансформувати їх у 3D-моделі, що суттєво прискорило роботу й підвищило її якість. Того ж року вийшов фільм «Трон», перший, що використав комп'ютерно згенеровані 3D-елементи у великому кіно. Наступний прорив стався з виходом «Термінатор 2» (1991), де було застосовано новаторські технології морфінгу та реалістичного рендерингу [10].

На початку 1990-х відбулося зрушення в ігровій індустрії. Ігри Wolfenstein 3D та Doom започаткували еру псевдотривимірних середовищ. У цей період з'явилася програма 3D Studio (майбутній 3ds Max), яка дала змогу широкому колу митців створювати власні 3D-сцени. У 1995 році студія Pixar представила «Історію іграшок» – перший повністю комп'ютерно-анімований повнометражний фільм, що підтвердив потенціал 3D-графіки у художньому кіно. Кінець 1990-х ознаменувався появою ZBrush, яка впровадила цифровий скульптинг і дозволила створювати надзвичайно деталізовані органічні форми [10].

На початку XXI століття стрімко розвинулися алгоритми реалістичного рендерингу, зокрема Ray Tracing (трасування променів), що забезпечив фотореалістичність зображень [20]. Поширення набув також фізично коректний рендеринг (PBR), де матеріали формуються на основі фізичних властивостей

поверхні, що стало стандартом в ігровій індустрії. Розвиток технологій відбувся завдяки появі потужних безкоштовних програм, серед яких особливо виділяється Blender 3D, що досяг професійного рівня та став популярним серед інді-розробників, студій і освітніх закладів. Окремим напрямком розвитку стала інтеграція тривимірної графіки у технології віртуальної реальності (VR) та доповненої реальності (AR). Якщо раніше 3D-моделі залишалися обмеженими екраном монітора, то VR-технології дозволяють користувачам фізично занурюватися у віртуальні середовища та взаємодіяти з об'єктами природним чином [4; 25]. У медицині це застосовується для тренування хірургів на віртуальних анатомічних моделях перед проведенням складних операцій, а також у значно ширшому спектрі терапевтичних та реабілітаційних задач. Одним із перспективних напрямів є лікування зорових розладів за допомогою VR та AR-середовищ. Наприклад, при корекції амбліопії, так званого «синдрому ледачого ока», пацієнт занурюється у віртуальний простір, де кожне око отримує окреме зображення: слабше виконує складніше завдання, тоді як сильніше виступає в допоміжній ролі, що поступово відновлює баланс між ними. Схожий підхід використовується для тренування акомодатції та конвергенції – здатності ока фокусуватися на об'єктах різної відстані та координовано змінювати напрямок погляду. Подібні методики довели свою ефективність і у нейровізуальній реабілітації дорослих пацієнтів після травм чи інсультів. Важливою перевагою ігрового формату є його мотиваційний ефект: на відміну від одноманітних традиційних вправ, інтерактивне середовище створює позитивний емоційний фон, підвищує регулярність занять і, як наслідок, покращує клінічні результати лікування [22].

В архітектурі та промисловому дизайні VR дозволяє клієнтам «ходити» всередині ще не збудованих будівель або оцінювати габарити промислового обладнання у реальному масштабі. Доповнена реальність, що накладає цифрові об'єкти на реальне середовище через камеру смартфона або спеціальні окуляри, знаходить застосування у роздрібній торгівлі (віртуальне примірювання меблів у

власній квартирі), освіті (інтерактивні 3D-моделі для вивчення анатомії чи історичних артефактів) та індустріальному обслуговуванні (підказки для технічних фахівців, накладені на реальне обладнання) [4; 7; 25].

Отже, тривимірне моделювання пройшло довгий шлях – від примітивних форм до потужних систем, що використовуються в архітектурі, медицині, освіті та індустрії розваг. Сучасні програми дозволяють створювати детальні та реалістичні моделі, роблячи 3D-технології невід’ємною частиною сучасного цифрового світу. Ключовими етапами стали поява AutoCAD, застосування 3D-графіки у медицині, кіно та відеоіграх, створення першої 3D-анімації, розвиток цифрового скульптингу та реалістичного рендерингу. Сучасні інструменти та VR/AR-технології зробили тривимірне моделювання невід’ємною частиною цифрової індустрії.

1.2. Розвиток створення ігрових рушіїв

Ігровий рушій (движок) – це програмне середовище для створення відеоігор, яке об’єднує графічну систему, фізичний движок, штучний інтелект, обробку команд від гравця, звукову систему, мережеві можливості та редактор рівнів. Сучасні рушії часто мають власні мови програмування або візуальні редактори, що спрощує створення ігрової логіки та дозволяє розробникам зосередитися на геймплеї. Ігрові рушії розвиваються разом з розвитком комп’ютерного обладнання та вимог гравців і розробників до більшої гнучкості й оптимізації. Також на їх розвиток впливає поява нових жанрів ігор та зміна смаків геймерів. Простіше кажучи, движки еволюціонують разом з усією ігровою індустрією [15].

Одними з найперших ігрових рушіїв, які започаткували розвиток сучасних технологій у цій сфері, вважаються Doom Engine, RenderWare та XnGine. Doom Engine, створений Джоном Кармаком у компанії id Software у 1993 році, став першим у світі псевдотривимірним (2.5D) рушієм. Саме він заклав основу для розвитку шутерів від першої особи. У 1997 році вихідний код Doom Engine було

опубліковано під безкоштовною ліцензією, а згодом переведено під відкриту GNU General Public License (GPL), що сприяло появі численних модифікацій і подальших розробок. RenderWare, розроблений британською компанією Criterion Games у 1996 році, став універсальним рушієм, який активно використовувався в ігровій індустрії для створення тривимірної графіки. Він відзначався гнучкістю та зручністю інтеграції в різні проекти. Ще одним важливим етапом став XnGine – рушій компанії Bethesda Softworks, представлений у 1994 році. Це був один із перших рушіїв із повністю тривимірними текстурованими об'єктами та підтримкою вільного огляду мишею, що стало значним кроком уперед у розвитку ігрової графіки [15; 16; 11].

Unity – це популярний ігровий движок, який використовують для створення ігор та двовимірних та тривимірних додатків [9; 31]. За його допомогою розробляються проекти, що запускаються практично на всіх сучасних пристроях: від комп'ютерів та консолей до смартфонів та планшетів. Основний пріоритет цього движка – мобільні ігри та інді-проекти (низькобюджетні ігри від невеликих команд розробників з оригінальними ідеями). Unity ідеально підходить для середньобюджетних ігор від великих студій, комп'ютерних малобюджетних проектів від команд-початківців та займає лідируючу позицію у розробці мобільних ігор [31]. Це рішення особливо ефективне, якщо у вас невелика команда з цікавою концепцією, яку потрібно швидко реалізувати. Хоча Unity технічно здатний створювати високобюджетні AAA-ігри, для таких проектів часто розглядають альтернативні варіанти [15; 16].

Unreal Engine – ще один ігровий движок для створення 3D сцен та ігор. Цей движок використовується у широкому спектрі галузей: від корпоративних застосунків та кінематографічних презентацій до високоякісних ігрових продуктів для персональних комп'ютерів, консолей, мобільних платформ, віртуальної та доповненої реальності. Unreal Engine надає розробникам усі необхідні ресурси для запуску, випуску, розвитку проекту та виділення його серед конкурентів

завдяки потужним графічним можливостям та передовим технологіям візуалізації [11; 32].

Обидва движки мають свої переваги: Unity фокусується на доступності, швидкості розробки та кросплатформеності, тоді як Unreal Engine пропонує найсучасніші графічні можливості та інструменти для створення високобюджетних проєктів з фотореалістичною графікою. Вибір між ними залежить від масштабу проєкту, бюджету, досвіду команди та технічних вимог до фінального продукту.

Отже, ігрові движки являють собою комплексне програмне середовище, що об'єднує графічну систему, фізичний движок, штучний інтелект та інші компоненти для спрощення процесу розробки відеоігор. Еволюція ігрових рушіїв розпочалася з розробок Doom Engine, RenderWare та XnGine у 1990-х роках, які заклали фундамент сучасних технологій. Нині провідні движки Unity та Unreal Engine забезпечують різні підходи до розробки: Unity орієнтований на швидкість створення, доступність та мобільні платформи, тоді як Unreal Engine пропонує передові графічні можливості для високобюджетних проєктів, що дозволяє розробникам обирати оптимальний інструмент відповідно до специфіки та масштабу проєкту.

1.3. Сучасні способи 3D-моделювання та оптимізації в ігровій індустрії

Полігональне моделювання – одна з найстаріших і найпоширеніших технологій створення 3D-об'єктів. Точки у просторі з'єднуються відрізками, утворюючи багатокутники (полігони), з яких складається сітка моделі (mesh). Полігони можуть мати різну форму, розмір, колір і текстуру, а кінцеве зображення формується шляхом поєднання великої кількості цих елементів. Головна перевага - універсальність: метод дозволяє створювати об'єкти будь-якої складності, від простих форм до високодеталізованих персонажів чи

архітектурних моделей. Недолік – велика кількість полігонів потребує часу та ресурсів для реалістичності [27].

Полігональне моделювання поділяється на низькополігональне (Low-poly) моделювання – мінімальна кількість полігонів, використовується в мобільних іграх та інтерактивних програмах. Середньополігональне (Mid-poly) – баланс між деталізацією та продуктивністю. Високополігональне (High-poly) – для реалістичних моделей; потребує потужного обладнання та досвіду. Сплайнове – ґрунтується на кривих лініях (сплайнах), формуючи каркас об'єкта, на який накладається поверхня. Це забезпечує плавні, обтічні форми, важливі для людей, тварин або транспорту. Сплайнове моделювання виконується двома способами: Параметричне – форми будуються на основі геометричних і функціональних залежностей. NURBS-моделювання – криві описуються математично. Перевага сплайнів у точності та можливості перетворювати моделі у полігональні без втрати якості [26; 27].

3D-скульптинг – інтуїтивний метод, що нагадує ліплення з глини у цифровому форматі. Використовується для створення високодеталізованих персонажів, текстур шкіри, зморшок та інших органічних елементів. Починається з базової форми, яка поступово виліплюється до потрібного результату. Скульптинг підходить для художніх проєктів, а не для технічних моделей [22; 23].

Процедурна генерація – автоматичне створення об'єктів або світів за допомогою алгоритмів, від простих елементів (рослини, каміння) до великих локацій із рельєфом і логікою оточення. Це зменшує рутинну роботу та робить світи більш живими [7].

Окремим напрямом процедурної генерації є використання алгоритмів, що поєднують випадковість із заданими обмеженнями. Наприклад, алгоритм Diamond-Square дозволяє генерувати рельєф на основі двовимірної сітки, поступово додаючи деталі через серію ітерацій. Щоб результат не був повністю непередбачуваним, у процес генерації вводяться контрольні поверхні – математично задані межі, у рамках яких формується рельєф. Це дає змогу

отримувати природно виглядаючі ландшафти, форма яких при цьому залишається керованою, що особливо цінно при розробці ігрових середовищ [13].

Процес створення 3D-моделі включає збір референсів та ескізів для розуміння форми, пропорцій і деталей об'єкта, безпосереднє моделювання в програмах Blender, 3ds Max, Maya, Cinema 4D, ZBrush тощо, а також оптимізацію, яка полягає у зменшенні кількості полігонів і створенні LOD для рендерингу. Наступними етапами є створення UV-розгортки для перетворення 3D-моделі у плоский шаблон для текстур, запікання (baking) для обчислення освітлення, тіней, нормалей на 2D-карту, і, нарешті, текстурювання та застосування матеріалів для надання об'єкту кольору, структури й реалістичності [26].

У сучасній комп'ютерній графіці та ігровій індустрії 3D-моделі є основою для створення віртуальних персонажів, об'єктів та середовищ. Вони забезпечують не лише візуальну привабливість, але й функціональність у взаємодії з гравцем та ігровим середовищем. Високоякісні моделі поєднують реалістичну геометрію, текстури та ефекти освітлення, водночас залишаючись оптимізованими для рендерингу. Особливо актуальною є проблема оптимізації фонових об'єктів, адже їх велика кількість у сцені може значно впливати на продуктивність гри. Кожна 3D-модель складається з полігонів – плоских геометричних елементів, найчастіше трикутників або чотирикутників, які разом формують поверхню об'єкта [52].

Процес рендерингу перетворює цю тривимірну структуру на двовимірне зображення для відображення на екрані. Чим більша кількість полігонів у моделі, тим детальнішою вона виглядає, проте одночасно зростає обчислювальне навантаження на графічний процесор. Важливо зазначити, що графічні карти обробляють тільки трикутні полігони, тому інші форми автоматично конвертуються у трикутники перед відображенням на екрані [52].

Одним із найпоширеніших методів оптимізації є створення низькополігональних (Low-poly) моделей. Такі об'єкти мають спрощену геометрію і значно меншу кількість полігонів порівняно з високодеталізованими (High-poly) моделями. Додаткові деталі додаються за допомогою текстур та

шейдерів. Текстури представляють собою растрові зображення, які накладаються на поверхню моделі і визначають колір, матеріали та дрібні елементи (тріщини, патерни, нерівності). Шейдери – це алгоритми, що регулюють взаємодію поверхні з світлом, створюючи ефекти відбивання, прозорості, блиску, металевості та інших властивостей [51].

Основна ідея low-poly підходу полягає у зменшенні геометричної складності моделі для забезпечення високої продуктивності рендерингу ще на етапі моделювання. Хоча програми, як-от Blender 3D, пропонують інструменти автоматичної оптимізації, наприклад модифікатор Decimate, такий підхід може викликати деформацію об'єкта. Тому найефективнішим способом є первинне проєктування моделі з правильною топологією. За рекомендаціями Unity (2017), оптимальна кількість полігонів для мобільних пристроїв становить 300-1500 на одну модель, хоча точні значення залежать від загального числа об'єктів у сцені [42].

Для роботи з фоновими об'єктами важливими є такі можливості програм, як контроль кількості полігонів та геометричної оптимізації, підтримка PBR-текстур (Physically Based Rendering), створення LOD-моделей (рівнів деталізації); експорт у формати, сумісні з ігровими движками [14].

Вибір оптимального програмного забезпечення залежить від масштабу проєкту, бюджету, технічних вимог, досвіду команди та стилю гри. Для обґрунтованого рішення доцільно провести порівняльний аналіз популярних інструментів, оцінюючи їх ефективність у створенні фонових об'єктів і можливості оптимізації. Окрім оптимізації 3D-моделей на етапі їхнього створення, значне підвищення продуктивності можна досягти безпосередньо в ігрових рушіях. Одним із ефективних методів є використання imposters – спрощених представлень складних об'єктів, які значно зменшують кількість полігонів, необхідних для рендерингу великих сцен. Ця техніка особливо корисна для фонових об'єктів, таких як дерева, кущі або інша рослинність, що знаходиться далеко від камери, і водночас потребує високої візуальної якості [44].

Принцип роботи imposters полягає у заміненні складного об'єкта на текстури простих площин (quads). З певної відстані такі площини виглядають ідентично оригінальними полігонально насиченими моделями, але споживають значно менше обчислювальних ресурсів. Класичне створення imposters може бути досить складним та включати кілька етапів: створення геометрії площин, підготовку текстур та точне відображення оригінальної моделі [44].

Сучасні інструменти, такі як InstaLOD, значно спрощують цей процес, дозволяючи автоматично створювати imposters одним натисканням кнопки. Розробник отримує повний контроль над параметрами площин, заміненням текстур та налаштуванням зображень, що дозволяє швидко оптимізувати великі сцени без втрати якості. Такий підхід не тільки підвищує продуктивність ігор, а й економить час художників та ресурси студії [44].

В ігрових движках, таких як Unity, imposters можна створювати через Toolbox, Rule Engine або LOD Generator. Вони особливо ефективні для рівнів деталізації (LOD), дозволяючи оптимізувати віддалені об'єкти сцени без втрати візуальної якості. Imposter складається з набору зображень об'єкта з різних кутів, які відображаються на площині або обмежувальному полігональному боксі. Автоматичне згасання забезпечує плавний перехід між imposters і справжньою моделлю, зберігаючи відчуття об'єму та об'єктивності сцени [44].

Додатково, завдяки використанню глибинного замінення (depth capture), imposters можуть відкидати тіні, що підвищує реалістичність 3D-простору. У сучасних рендерних пайплайнах HDRP тіні можна коригувати за допомогою параметра Shadow Bias, що дозволяє уникнути артефактів і забезпечує коректну взаємодію imposters з іншими об'єктами сцени [44].

Таким чином, оптимізація фонів у ігрових проектах є багатоступеневим процесом: поєднання low-poly моделей, текстур та imposters дозволяє створювати великі, деталізовані сцени, які працюють ефективно навіть на обмежених ресурсах пристроїв.

Отже, сучасне 3D-моделювання базується на декількох технологіях: полігональне моделювання для універсальних об'єктів, сплайнове, 3D-скульптинг, процедурна генерація. Повний цикл включає послідовні етапи від референсів до текстур і матеріалів, що забезпечує якісний результат для ігор, анімації та візуалізації. Ефективні 3D-моделі поєднують реалістичну геометрію, текстури та освітлення, залишаючись оптимізованими для рендерингу. Особливо важливо оптимізувати фонові об'єкти, адже їх велика кількість може значно впливати на продуктивність гри. Для цього застосовують низькополігональні моделі (low-poly), текстури, шейдери та imposters – спрощені представлення складних об'єктів, які економлять ресурси без втрати візуальної якості.

1.4. Специфіка 3D-фотореалізму та принципи кросплатформеної розробки

Сучасна індустрія 3D-моделювання та геймдизайну перебуває у стані постійного розвитку, що зумовлено швидким удосконаленням технологій і зміною потреб аудиторії. Візуальна складова відіграє одну з ключових ролей у формуванні ігрового досвіду, тому розробники приділяють значну увагу не лише технічним аспектам створення тривимірних моделей, а й їхньому художньому стилю, оптимізації та адаптації під різні платформи.

У процесі створення ігор спостерігається тенденція до поєднання реалізму та стилізації, що дозволяє формувати унікальну естетику проєкту. І як ми вже визначили раніше, зростає роль оптимізації великих сцен – розробники активно використовують сучасні інструменти та методи зменшення навантаження на систему без втрати якості зображення. Окремим трендом є мультиплатформеність, яка забезпечує сумісність ігор із різними пристроями.

Таким чином, сучасні підходи у сфері 3D-моделювання та дизайну ігор спрямовані на досягнення балансу між якістю візуального контенту, ефективністю його відтворення та доступністю для максимально широкої аудиторії.

3D-фотореалізм – це процес створення комп'ютерних зображень у тривимірному просторі, які настільки реалістичні, що їх практично неможливо відрізнити від фотографій реального світу. Такий рівень реалістичності досягається шляхом поєднання правильно спроектованої геометрії, високоякісних текстур, складних алгоритмів шейдерів і точного моделювання взаємодії світла з матеріалами. Реалістичні 3D-моделі дозволяють глядачеві сприймати сцену як натуральне середовище, що особливо важливо у геймдизайні, візуалізації продуктів, VR/AR-додатках та навчальних симуляціях [34; 49].

Одним із ключових етапів створення фотореалістичних моделей є використання базових моделей (base mesh) з правильною анімаційною топологією. Це дозволяє переходити до деталізованого скульптингу та текстурювання без втрати оптимізації. Фахівці, такі як Шефкі Ібрагім, художник-фрілансер із Лондона, підкреслює, що на початковому етапі роботи важливо зібрати великий обсяг референсів – зображення очей, шкіри, волосся, портретні композиції та різні сценарії освітлення. Такий підхід забезпечує точне відтворення анатомії, структури шкіри та інших деталей у тривимірному середовищі [34; 49].

У процесі роботи із програмами на кшталт ZBrush часто використовують скановані моделі, додані в сцену для виявлення нюансів обличчя та шкіри, які важко помітити на двовимірних зображеннях. Для створення реалістичних текстур шкіри застосовуються дані сканування, такі як Texturing XYZ, зокрема метод мультиканальної упаковки (multi-channel pack). Він передбачає поєднання displacement, specular і haemoglobin карт у різні канали, після чого вони проєктуються на модель. Цей підхід дозволяє досягати точного відтворення рельєфу, відблисків та тонких кольорових нюансів шкіри, створюючи відчуття природності та глибини [17; 34; 49].

Не менш важливим аспектом 3D-фотореалізму є освітлення, оскільки його налаштування суттєво впливає на сприйняття матеріалів та загальну атмосферу сцени. Коректне освітлення змушує коригувати карти текстур і шейдери, що

дозволяє світлу взаємодіяти з об'єктом більш природно. Для фінальної обробки часто застосовується композитинг у програмах на кшталт Nuke, що дає змогу не лише коригувати кольори, а й точно обробляти AOV – проходи (specularity, subsurface scattering), підвищуючи реалістичність відображення світла на об'єктах [47]. Також, необхідно враховувати психологічний аспект сприйняття кольорів, оскільки різне кольорове освітлення, задає різний настрій, що буде впливати на атмосферу 3D-сцени [12].

Важливою технологією у створенні фотореалістичних сцен є використання HDR-карт (High Dynamic Range). Як зазначає Рендал Каммінг, експерт «Connected in 3D», HDR-карти являють собою 360-градусні зображення, що зберігають інформацію про освітленість і колір навколишнього середовища з високою точністю. На відміну від звичайних JPEG-зображень, які зберігають 8-бітні кольори, HDR-карти використовують 32-бітні значення на піксель, що дозволяє:

- точно симулювати інтенсивність світла у реальному середовищі;
- відтворювати як найяскравіші, так і найтемніші ділянки сцени;
- забезпечувати коректну поведінку матеріалів, таких як метал і скло;
- створювати фізично точні тіні та відблиски, які відповідають реальному освітленню.

Відповідно, HDR-карти виконують роль не просто фону, а фактично освітлювального двигуна для тривимірних сцен, що робить відображення об'єктів більш переконливим та реалістичним. Їх використання істотно впливає на сприйняття матеріалів і об'єму, створюючи відчуття присутності у сцені. Це має велике значення для різних сфер: від візуалізації продуктів та цифрових двійників до VR/AR-середовищ і навчальних симуляцій, де високий рівень реалізму підвищує ефективність сприйняття та навчання [47; 49].

Стилізація у 3D-графіці – це спеціальна художня техніка, яка полягає у навмисному перебільшенні або зміні візуальних характеристик об'єктів. Такий підхід дозволяє створювати унікальні та впізнавані образи, зберігаючи при цьому їх загальну форму та суть. Стилізація може проявлятися у зміні форм, ліній,

кольорових схем, текстур або освітлення з метою створення певного художнього ефекту, настрою чи атмосфери. Вона дозволяє розробникам встановлювати власні правила візуального оповідання, формуючи авторський світ і залучаючи гравця до його сприйняття. Важливими елементами стилізації є композиція, освітлення, колірні рішення та прийоми, що підсилюють атмосферу гри, роблячи її більш виразною та запам'ятовуваною [47].

Сучасні технології дозволяють прагнути до високого рівня реалізму у відеоіграх, але навіть у таких проєктах, як «The Witcher 3» або «Red Dead Redemption 2», стилізація залишається невід'ємною частиною дизайну, допомагаючи підсилювати атмосферу та створювати виразний художній стиль. Колірні палітри, освітлення, масштаб та текстури об'єктів використовуються для формування певного візуального підходу, що підкреслює авторський стиль і сприяє загальному сприйняттю світу гри.

Історично стилізація почала формуватися з появою справжньої 3D-графіки у середині 90-х років, коли розробники намагалися створити унікальні та запам'ятовувані стилі, незважаючи на технічні обмеження. У той час атмосфера, ігровий досвід та геймплей мали пріоритет над фотореалістичною графікою. З розвитком технологій та підвищенням продуктивності апаратного забезпечення у 2000-х роках розробники отримали можливість експериментувати з візуальними ефектами, поєднуючи реалістичні елементи з художньою стилізацією. Це сприяло появі стильних проєктів, де графіка стала невід'ємною частиною розповіді, а не просто декоративним елементом [47].

Основними характеристиками стилізованої графіки є: деталізація текстур та об'єктів – текстури можуть бути яскравими або нестандартними, із перебільшеними формами об'єктів, що зберігає їх впізнаваність. Колірна палітра – використовуються яскраві або нестандартні кольори для створення певного настрою або художнього ефекту. Пропорції та форми об'єктів – фізично реалістичні форми часто перебільшуються для підкреслення художнього стилю. Наприклад, великі очі персонажів або спрощені геометричні форми об'єктів.

Освітлення і тіні – може бути інтенсивним із контрастними тінями для виділення ключових елементів і посилення атмосфери. Підхід до світу гри – орієнтований на створення унікальної атмосфери та підкреслення геймплейного досвіду. Напівреалістичні проекти поєднують реалістичні текстури та освітлення з елементами стилізації, створюючи візуальну ідентичність, яка виділяє гру [47].

Кросплатформеність (мультиплатформеність) – це властивість програмного забезпечення, зокрема ігор, бути працездатним на різних програмних платформах. Іншими словами, це означає, що гра або софт може запускатися і на персональних комп'ютерах, і на консолях різних виробників, і на мобільних пристроях без потреби створювати окремий код під кожну систему. Така універсальність досягається завдяки використанню спеціальних технологій та ігрових движків, які дозволяють адаптувати один і той самий продукт до особливостей різних платформ [8; 53].

У контексті розробки відеоігор кросплатформеність має кілька важливих проявів та аспектів, які варто розглянути детальніше. По-перше – це можливість випускати одну й ту саму гру для різних типів пристроїв (ПК, консолі PlayStation та Xbox, мобільні платформи Android та iOS, а іноді навіть для Nintendo Switch), що автоматично розширює потенційну аудиторію та збільшує комерційну привабливість проекту. По-друге – це спеціальний режим, за якого гравці на різних платформах можуть грати разом у мультиплеєрі, обмінюватися досягненнями та взаємодіяти в єдиному ігровому просторі. Це означає, що людина з PlayStation може змагатися з гравцем на Xbox або грати в команді з користувачем ПК [8; 53].

З кожним роком кросплатформеність стає дедалі актуальнішою через помітну зміну ігрових звичок сучасної аудиторії: гравці дедалі частіше змінюють пристрої протягом дня, переходячи від домашнього ПК до мобільного телефону в дорозі, або хочуть грати з друзями, незалежно від того, який у них девайс чи операційна система. Така гнучкість стала справжньою необхідністю в цифрову епоху. До того ж, для розробників та видавців ігор кросплатформеність – це не

просто додаткова опція, а стратегічна можливість охопити ширшу ринкову базу, суттєво зменшити витрати на створення окремих версій під кожен платформу та пришвидшити вихід гри на ринок. Вона також дозволяє створити більш стабільне та численне ком'юніті навколо гри, оскільки база гравців не обмежується власниками однієї конкретної платформи [19].

Прикладом такого підходу може бути практично будь-яка сучасна популярна гра – від масштабних AAA-проектів до інді-розробок, що підтримує одночасний запуск на ПК (через Steam, Epic Games Store або інші платформи), консолях поточного та попереднього поколінь і мобільних пристроях. За умови технічної підтримки крос-плей функціональності, такі ігри дають змогу гравцям з різних платформ вільно взаємодіяти в одному сервері, лобі або ігровому світі [19].

Отже, стилізація у 3D-іграх виконує не лише декоративну функцію. Вона формує атмосферу, підсилює ігрову механіку, створює чітку візуальну ідентичність і допомагає балансувати між художнім задумом та технічними обмеженнями. Від ранніх стилізованих 3D-проектів до сучасних ігор із високою графічною деталізацією стилізація залишається ключовим інструментом, що визначає характер і сприйняття віртуального світу. Сьогодні кросплатформеність – це не просто технічна реалізація або додаткова функція, а справжній галузевий тренд та стандарт якості, що формується як пряма відповідь на конкретні запити сучасного ринку та вимогливих гравців. Вона поступово стає критичною характеристикою успішних ігор, особливо у мультиплеєрному чи постійно оновлюваному онлайн-середовищі.

1.5. Штучний інтелект як інструмент у 3D-моделюванні

Штучний інтелект суттєво змінює підходи до 3D-моделювання, автоматизуючи рутинні процеси та надаючи митцям більше часу для творчості. Замість того, щоб витрачати години на створення базових моделей, налаштування текстур чи освітлення, можна делегувати ці завдання ШІ, зосередившись на креативних аспектах проєкту. Це особливо корисно при роботі над серією

прототипів, де швидкість та ефективність відіграють ключову роль. ШІ спрощує процес розробки концептів та пошуку референсів через такі інструменти, як Midjourney або вбудовані функції Adobe Photoshop. Ці технології скорочують час на пошук візуальних матеріалів та допомагають швидше сформувати бачення фінального результату. Для швидкого створення базових 3D-моделей можна використовувати сервіси конвертації зображень у тривимірні об'єкти, такі як MeshyAI або Alpha3D. Хоча такі моделі потребують подальшого доопрацювання через недосконалу топологію, вони дозволяють отримати правильний силует та базову форму значно швидше [6; 29].

Текстурування також стало простішим завдяки ШІ-інструментам. Аддони для Blender, наприклад Dream Textures, аналізують геометрію моделі та генерують текстури на основі текстових запитів користувача. Якщо виникають проблеми з текстурами, їх можна виправити за допомогою інструментів Adobe Photoshop зі штучним інтелектом. Для анімування доступні платформи Rokoko Vision та DeepMotion, які дозволяють створювати якісні мокапи з відео та інтегрувати їх у 3D-середовище. ШІ не лише виконує завдання, а й надає розумні підказки для покращення роботи. ШІ може допомогти з генерацією ідей, розширенням концепцій або створенням промптів для інших нейромереж, що генерують зображення. Це дозволяє швидше приймати обґрунтовані рішення та впевненіше рухатися до досконалого результату [6; 29].

Процедурна генерація стає незамінною при створенні великомасштабних середовищ. Замість ручного моделювання кожного елемента ландшафту, ШІ може згенерувати деталізований світ на основі заданих параметрів. Unreal Engine пропонує інструменти для комплексної генерації від ландшафту до доріг, а Photoshop дозволяє створювати окремі карти висот та розміщення об'єктів, які потім можна комбінувати для цікавішого результату. Проте важливо пам'ятати, що ШІ поки не здатен самотійно створювати точки інтересу та драматургічно важливі об'єкти – локація має бути не лише гарною, а й цікавою для глядача чи гравця [6; 28; 29].

Окремої уваги заслуговує застосування ШІ саме у сфері процедурної генерації ігрового контенту. Алгоритмічні методи дозволяють автоматично створювати рівні, ландшафти та цілі ігрові світи з високим ступенем варіативності – без необхідності ручного проектування кожного елемента. Серед найпоширеніших підходів виділяють псевдовипадкову генерацію на основі фіксованого параметра, фрактальні алгоритми для природних форм, L-системи для рослинності та архітектури, а також нейронні мережі для синтезу текстур і рівнів. Практичним підтвердженням ефективності цього підходу є такий проєкт, як Minecraft із його нескінченно унікальними світами, що налічує мільярди процедурно згенерованих планет. Водночас процедурна генерація має суттєве обмеження: алгоритм здатен створити візуально різноманітне середовище, але не може самостійно забезпечити його наративну логіку чи розставити драматургічно значущі точки – ця частина роботи залишається за людиною [28].

Отже, штучний інтелект значно спрощує 3D-моделювання, автоматизуючи рутинні завдання, прискорюючи створення базових моделей, текстур і анімацій, а також допомагаючи з пошуком референсів і генерацією ідей. Він дозволяє митцям зосередитися на творчості та швидко розробляти прототипи. Проте, при створенні великих ігрових або кінематографічних середовищ важливо контролювати розташування ключових об'єктів та драматургічних точок, адже ШІ поки не може повністю замінити художнє бачення.

Висновки до розділу 1

1. Аналіз еволюції 3D-графіки засвідчив, що галузь пройшла шлях від перших експериментів із тривимірними формами у 1960-х роках до сучасних потужних інструментів, інтегрованих у медицину, архітектуру, освіту та ігрову індустрію. Встановлено, що саме відеоігри залишаються одним із головних рушіїв технологічного прогресу у сфері 3D-графіки, стимулюючи розвиток як програмного, так і апаратного забезпечення. Розгляд ключових етапів розвитку тривимірної графіки – від появи AutoCAD та перших ігор із псевдотривимірним

середовищем до впровадження PBR-рендерингу та VR/AR-технологій – дозволив визначити загальну траєкторію галузі: послідовне підвищення реалістичності зображення при одночасному зростанні доступності інструментів для широкого кола фахівців.

2. Дослідження ігрових рушіїв показало, що їхня еволюція нерозривно пов'язана з розвитком апаратного забезпечення та потребами ринку. Порівняльний аналіз Unity та Unreal Engine виявив принципові відмінності у їхній спеціалізації: перший орієнтований на доступність і мобільні платформи, другий – на високобюджетну фотореалістичну графіку, що дозволяє розробникам обирати інструмент відповідно до масштабу та технічних вимог проєкту.

3. Систематизація методів 3D-моделювання – полігонального, сплайнового, скульптингу та процедурної генерації – дала змогу визначити повний виробничий цикл створення моделі: від збору референсів і безпосереднього моделювання до UV-розгортки, запікання та текстурювання. Для цілей даного дослідження найбільш релевантним є полігональний підхід із дотриманням low-poly топології. Аналіз принципів оптимізації фонових об'єктів підтвердив, що зменшення полігонального навантаження, коректне текстурювання та застосування технік LOD й imposters є обов'язковими умовами ефективної роботи сцени в ігровому рушії, особливо на мобільних платформах із обмеженими апаратними ресурсами.

4. Порівняння фотореалізму та стилізованого 3D-арту як двох провідних візуальних напрямів встановило, що стилізація виконує не лише декоративну, а й функціональну роль – формує атмосферу, полегшує оптимізацію та створює впізнавану візуальну ідентичність продукту. Саме стилізований підхід обрано як основу для практичної частини дослідження. Аналіз показав, що мультиплатформеність стала провідним галузевим трендом та обов'язковим стандартом якості у геймдеві. Здатність гри функціонувати на різних пристроях дозволяє розробникам суттєво розширити аудиторію, знизити витрати на виробництво та сформувати стабільне ком'юніті завдяки технології крос-плею.

Для сучасного гравця така універсальність є базовою потребою, яка забезпечує свободу вибору пристрою без втрати соціальних зв'язків.

5. Розгляд ШІ-інструментів та тренду мультиплатформеності окреслив актуальний контекст галузі: автоматизація рутинних процесів і необхідність адаптації контенту під різні пристрої висувають нові вимоги до фахівців, зокрема щодо технічної оптимізації моделей ще на етапі їх створення.

РОЗДІЛ 2

ДОСЛІДЖЕННЯ ХУДОЖНЬО-ТЕХНІЧНИХ АСПЕКТІВ 3D-МОДЕЛЮВАННЯ ТА РОЗРОБКИ ІГРОВОГО КОНТЕНТУ

2.1. Дослідження глобального ринку 3D-рендерингу та порівняння напрямів застосування 3D-графіки

Сучасний світовий ринок технологій тривимірного рендерингу демонструє вражаючу динаміку розвитку, що підтверджується статистичними даними провідних аналітичних компаній. Згідно з інформацією, оприлюдненою дослідницькою організацією GrandViewResearch, у 2024 році загальна вартість глобального ринку 3D-рендерингу становила приблизно 4.21 мільярда доларів США. Компанія формує оптимістичні прогнози щодо подальшого зростання цього сектору, передбачаючи, що до 2033 року ця сума може збільшитися майже до 20 мільярдів доларів. Це означає, що ринок розвивається надзвичайно стрімкими темпами, демонструючи середньорічне зростання приблизно на 19%, що є дуже високим показником для технологічної індустрії та свідчить про стабільний інтерес до 3D-технологій з боку різноманітних галузей економіки [38].

Водночас альтернативне джерело, компанія Global Growth Insights, наводить схожі показники, проте підтверджує загальну тенденцію активного розширення ринку. На думку їхніх експертів, у 2024 році обсяг світового ринку 3D-рендерингу становив приблизно 2.27 мільярда доларів. Незважаючи на різницю у базових цифрах, яка може пояснюватися різними методологіями підрахунків, темпи зростання Global Growth Insights прогнозують практично ідентичні - близько 19% щороку до 2034 року. Таким чином, обидва аналітичні джерела демонструють повну узгодженість у головному висновку: ринок технологій тривимірної графіки переживає період надзвичайно інтенсивного та стабільного зростання, що робить цю галузь однією з найперспективніших у сучасній цифровій економіці [39].

Аналіз структури споживачів виявляє широке коло професійних галузей, які активно застосовують ці технології. Серед основних користувачів 3D-графіки

виділяються архітектори та дизайнери, фахівці з розробки інтер'єрів, компанії у сфері нерухомості, рекламні агенції та медіастудії, а також ігрові студії та компанії, що спеціалізуються на створенні візуальних ефектів. Найбільша частка ринкових транзакцій припадає саме на візуалізацію інтер'єрних та екстер'єрних просторів, що демонструє важливий факт: технології тривимірного моделювання використовуються не лише в розважальній індустрії, а й у дуже практичних, прикладних сферах – передусім для того, щоб наочно продемонструвати, як виглядатиме майбутня будівля, житлова квартира чи конкретний продукт ще до їх фізичного втілення. Детальний розподіл ринкових сегментів за даними Global Growth Insights показує, що приблизно 40% усього ринку займає візуалізація інтер'єрних просторів, близько 28% припадає на візуалізацію зовнішньої архітектури, приблизно 20% становлять анімаційні проекти, віртуальні прогулянки та інтерактивні 3D-тури, а решта 12% розподіляються між іншими застосуваннями. Таким чином, майже половина всього світового ринку 3D-рендерингу безпосередньо пов'язана з дизайном приміщень та архітектурною візуалізацією, що підкреслює критичну важливість цих технологій для будівельної індустрії та сектору нерухомості [39].

З географічної точки зору найбільше технології тривимірного моделювання використовуються у трьох ключових регіонах світу. Північна Америка, зокрема США та Канада, традиційно залишається одним із найбільших споживачів 3D-послуг. Європейський континент також демонструє значний попит. Азійсько-Тихоокеанський регіон, що включає Японію, Китай та Південну Корею, показує особливо цікаву динаміку. Аналітичні дані чітко вказують на те, що саме азійський ринок у найближчі роки розвиватиметься найактивніше, що пов'язано як з економічним зростанням цих країн, так і з масштабними урбанізаційними процесами [38].

Аналіз матеріалів з обох аналітичних джерел дозволяє виділити кілька ключових факторів феноменального зростання ринку 3D-рендерингу. По-перше, це активний розвиток хмарних технологій рендерингу, завдяки яким не потрібно

інвестувати у надпотужні персональні комп'ютери – багато компаній віддають процес обробки на віддалені сервери, що значно знижує вхідні бар'єри. По-друге, спостерігається постійне зростання кількості проєктів, що потребують високоякісної візуалізації у дизайні, архітектурі, маркетингу та на ринку нерухомості. По-третє, значно зріс попит на рендеринг у реальному часі, коли зміни відображаються миттєво, що критично важливо для інтерактивних презентацій. По-четверте, стрімкий розвиток суміжних технологій, таких як віртуальна та доповнена реальність, поява потужніших графічних процесорів, а також інтеграція штучного інтелекту у процеси 3D-обробки створюють синергетичний ефект, що додатково прискорює розвиток усієї галузі тривимірної візуалізації [38].

Аналізуючи вищезазначені показники та тенденції, можна зробити обґрунтований висновок про те, що сфера тривимірної візуалізації на сьогоднішній день уже остаточно вийшла за межі суто розважальної індустрії чи кінематографу. Сьогодні вона впевнено посідає місце одного з ключових практичних інструментів у багатьох сферах сучасного бізнесу та проектування. Той факт, що майже половина світового ринку безпосередньо пов'язана з архітектурним проектуванням, будівництвом та дизайном інтер'єрних просторів, чітко вказує на зміну підходів до презентації та розробки будь-яких просторових рішень. У сучасних реаліях потенційні замовники, інвестори та кінцеві користувачі прагнуть отримати максимально чітке, наочне та реалістичне уявлення про майбутній об'єкт ще задовго до того, як розпочнуться будь-які фізичні роботи з його створення чи матеріального втілення. Таке стрімке підвищення стандартів якості та деталізації висуває абсолютно нові, значно вищі вимоги до фахівців, які займаються безпосереднім створенням тривимірного контенту. У процесі професійної діяльності стає вже недостатньо просто розробити візуально привабливу модель або сцену. На перший план виходить завдання забезпечити високу технічну якість виконання проєкту.

Це означає, що сучасний розробник 3D-графіки повинен володіти комплексними навичками: не лише створювати естетично довершені форми, але й глибоко розуміти процеси оптимізації геометричної сітки. Вміння грамотно налаштувати сцену, розподілити полігони та підготувати модель до рендерингу дозволяє суттєво пришвидшити час обробки даних і уникнути надмірного перевантаження як комп'ютерного обладнання, так і сучасних ігрових рушіїв. З огляду на це, активне та стабільне зростання світового ринку 3D-технологій повністю підтверджує високу актуальність проведення досліджень у цьому напрямку, а також підкреслює важливість пошуку оптимального балансу між художньою виразністю тривимірних об'єктів та їхньою технічною й апаратною ефективністю під час фінальної візуалізації.

Наочне уявлення про розподіл попиту між різними галузями дає змогу краще зрозуміти, які саме сфери є рушієм зростання ринку та які вимоги вони висувають до якості тривимірного контенту. Структуру світового ринку 3D-рендерингу за сегментами застосування відображено у табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Структура світового ринку 3D-рендерингу за сегментами застосування

Сегмент	Частка ринку	Основні споживачі
Візуалізація інтер'єрів	~40%	Дизайнери, забудовники, компанії нерухомості
Архітектурна візуалізація	~28%	Архітектори, будівельні компанії
Анімація, VR-тури, інтерактивні проєкти	~20%	Медіастудії, рекламні агенції
Інші застосування (ігри, кіно, медицина тощо)	~12%	Ігрові студії, кіновиробники

Отже, світовий ринок 3D-рендерингу демонструє стрімке та стабільне зростання, з прогнозованим подвоєнням обсягів у найближче десятиліття. Основними споживачами технологій є архітектори, дизайнери, компанії нерухомості, медіастудії та ігрові студії, при цьому найбільшу частку займає візуалізація інтер'єрів та екстер'єрів. Лідерами за попитом залишаються Північна Америка, Європа та Азійсько-Тихоокеанський регіон, причому останній демонструє найактивніший розвиток. Феноменальне зростання ринку пояснюється розвитком хмарного рендерингу, підвищеним попитом на високоякісну візуалізацію та інтерактивні рішення.

2.2. Визначення особливостей стилю гри «Sky: Children of the light»

«Sky: Children of the Light» – соціальна масово-багатокористувацька онлайн-гра-пригода від студії thatgamecompany, яка вийшла для iOS 18 липня 2019 року, а згодом на Android, Nintendo Switch, PlayStation 4 та ПК через Steam. Гра є духовним наступником попередніх проєктів студії «Flower» та «Journey» – побудована навколо мети створення позитивного емоційного досвіду, що об'єднує гравців по всьому світу [48].

Розробка тривала сім років, у ній взяло участь понад 70 людей. Це був перший мобільний проєкт студії, перша гра на основі сенсорного керування та перший досвід онлайн-мультиплеєру, що будувався навколо принципів співпраці, а не конкуренції. Такий тривалий та ретельний процес розробки безпосередньо відбився на художній і геймплейній цілісності фінального продукту [35].

Центральним елементом стилю «Sky: Children of the Light» є унікальна візуальна мова, що базується на глибокій змістовній концепції. Оскільки за задумом авторів переважна частина ігрового процесу, сюжетного наративу та просторової взаємодії розгортається серед безмежних хмарних масивів, відкритих ландшафтних просторів та повітряних потоків, перед розробниками постало складне завдання – наповнити це специфічне середовище унікальним культурним

та візуальним змістом. Тому стиль черпав натхнення з культур гірських регіонів – Бутану, Тибету та Еквадору [41].

Відеогра чітко виділяється своїм мінімалістичним художнім напрямком, у якому кожна деталь віртуального простору суворо підпорядкована загальній концепції авторів. Ключову роль у формуванні цього візуального стилю відіграє робота зі світлом, яке функціонує в проєкті одночасно як виразний художній елемент і як важливий наративний символ. Під час розробки художня команда приділила особливу увагу вивченню того, як саме світлові ефекти можуть слугувати ефективним інструментом для побудови сюжету та створення емоційно насиченого середовища. Оскільки світло в даному контексті функціонує не просто як базовий технічний засіб освітлення тривимірної сцени, а виступає одночасно глибоким наративним символом, що веде гравця сюжетом. [48].

Низькополігональні моделі персонажів і ландшафтів перегукуються зі стилем попередньої гри студії – «Journey». Кольорова палітра змінюється від одного світу до іншого, проте присутність персонажів, а також сторітелінг через ілюстрації об'єднують естетику гри в єдине ціле [50].

Особливе значення надається масштабу простору: контраст між крихітною фігурою гравця та величезним ландшафтом формує відчуття свободи й піднесення – ключові стани, на які розраховані механіки польоту [50]. Дизайн ігрових персонажів є одним із найбільш концептуально обґрунтованих рішень у грі. Було прийнято рішення зобразити гравців дітьми, аби підкреслити почуття вразливості. Саме звідси походить характерне крилате пончо – символ польоту й відкритості [35].

Маски обрані, щоб уникнути складності мімічних виразів, а біле волосся, щоб позбавити персонажів будь-якої расової ідентифікації. За словами арт-менеджера Юї Танабе, косметичні предмети у «Sky: Children of the Light» – це полотно для самовираження гравця: персонажі є достатньо абстрактними, щоб на них можна було проєктувати себе, але при цьому не позбавлені виразності. Творчий директор Дженова Чен пояснює цей підхід бажанням зробити так, щоб

гравці могли бути собою, не будучи піддані жодним ярликам чи судженням. Тому в грі відсутні кричущі або вульгарні косметичні предмети, відповідно до настрою гри, немає нічого надто шумного чи яскравого [35].

Крім того, персонажі були розроблені так, щоб виглядати найкраще саме в групах під час спільного подолання перешкод або навіть простого тримання за руки. Це відображає основну ідею «разом краще». Геймплейні механіки «Sky: Children of the Light» органічно підтримують та доповнюють її візуально-художній стиль. На відміну від більшості багатокористувацьких ігор, «Sky: Children of the Light» обмежує комунікацію спочатку лише звуковими сигналами та жестами, вимагаючи від гравців витратити свічки для розблокування тексту – це гарантує, що стосунки будуються на спільному досвіді та взаємодопомозі ще до того, як з'являться слова [46].

Розповідь у грі здійснюється переважно через середовище та візуальні образи, а не через лінійний наратив. Лор прочитується через дослідження локацій, фрески в прихованих куточках та кінематографічні фрагменти минулого персонажів, що відкриваються в міру розвитку стосунків [36]. Гра прагне викликати в людях яскравіші прояви, аніж темні чи байдужі, і це є свідомою позицією творців щодо ролі онлайн-ігор у суспільстві.

Для реалізації виняткової графіки на мобільних платформах команда використовувала власний рушій thatgamecompany, який дозволив підняти планку ігрової графіки для мобільних платформ [45]. «Sky: Children of the Light» спроектовано так, щоб чудово виглядати як на нових, так і на старих пристроях: візуальні ресурси автоматично масштабуються за роздільною здатністю, а графічна деталізація динамічно адаптується для максимальної продуктивності на будь-якому обладнанні – все це відбувається непомітно для гравця, щоб не порушувати відчуття занурення.

Для повнішого розуміння місця «Sky: Children of the Light» у творчому доробку студії доцільно розглянути гру не ізольовано, а в контексті еволюції всіх проєктів thatgamecompany. Кожна з ігор студії є логічним продовженням

попередньої, як у технічному, так і в художньому плані: від двовимірного мінімалізму «Flow» до об'ємних пейзажів «Flower» і «Journey», і зрештою до повноцінного онлайн-середовища «Sky: Children of the Light». Простеживши цю траєкторію, можна виявити, які візуальні рішення залишалися незмінними від проекту до проекту, а які свідомо розвивалися та ускладнювалися. Порівняльна характеристика ключових параметрів наведена у табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Порівняльна характеристика ігор студії thatgamecompany

Гра	Flow (2007)	Flower (2009)	Journey (2012)	Sky: Children of the Light (2019)
Візуальний вимір	2D	3D	3D	3D
Колірна палітра	Сині відтінки	Яскрава	Тепла, пісочна	Пастельна
Роль освітлення	Другорядна	Декоративна	Важлива	Ключова
Деталізація середовища	Мінімальна	Середня	Мінімальна	Висока
Мультиплеєр	Локальний	Відсутній	До 2 гравців (анонімно)	Масовий онлайн

Отже, аналіз гри «Sky: Children of the Light» свідчить про повну художню та геймплейну цілісність проекту, досягнуту завдяки підпорядкуванню технічних і дизайнерських рішень єдиній гуманістичній концепції. Візуальна мова гри, що базується на мінімалізмі, низькополігональному моделюванні та символізмі світла, органічно поєднується з концептуальним дизайном абстрактних,

позбавлених маркерів ідентичності персонажів. Гра успішно трансформує ігровий процес у позитивний емоційний досвід взаємодопомоги. А використання власного кроссплатформеного рушія з динамічним масштабуванням графіки дозволило розробникам зберегти високий рівень художньої виразності та занурення в атмосферу гри на пристроях із різною апаратною продуктивністю.

2.3. Обґрунтування вибору програмного забезпечення для 3D-моделювання

Створення ефективних фонових 3D-моделей потребує ретельного підбору програмного забезпечення, оскільки інструменти визначають продуктивність робочого процесу та можливості оптимізації. Сучасний ринок пропонує широкий спектр програм для 3D-графіки, які відрізняються функціональністю, ціною та складністю освоєння.

Blender 3D – це універсальна, безкоштовна програма для створення тривимірної графіки, яка підходить як для початківців, так і для професіоналів. Вона дозволяє моделювати будь-які об'єкти: від простих форм до складних персонажів, предметів, архітектурних споруд і навіть цілих сцен із багатьма елементами. Ця гнучкість робить Blender популярним інструментом серед 3D-художників, дизайнерів, аніматорів і розробників ігор [30].

Програма надає широкий спектр можливостей для роботи з тривимірною графікою на всіх етапах виробничого процесу: можна створювати складні анімації з використанням системи ключових кадрів та процедурних модифікаторів, налаштовувати матеріали та текстури з високим ступенем деталізації за допомогою вбудованого нодового редактора, працювати зі світлом різних типів для досягнення фотореалістичних результатів, проводити якісний рендеринг за допомогою вбудованих движків Cycles та Eevee, а також готувати моделі для експорту на 3D-друк чи інтеграції в інтерактивні проєкти та ігрові рушії. Функціонал програми також включає інструменти для скульптингу, симуляції фізики, створення частинок та спеціальних ефектів, що дозволяє реалізовувати

проекти будь-якої складності в межах однієї програмної екосистеми. Особливо важливо, що Blender працює стабільно на різних операційних системах, включаючи Windows, macOS та Linux, забезпечуючи кросплатформенну сумісність проєктів, і не вимагає придбання комерційної ліцензії завдяки своїй відкритій природі, що робить професійні інструменти тривимірного моделювання доступними для широкої аудиторії користувачів – від студентів до невеликих студій та незалежних художників, які не мають значних фінансових ресурсів для інвестування у дороге програмне забезпечення [1; 14].

Ще однією перевагою є велика спільнота користувачів і розробників, яка постійно створює навчальні матеріали, додаткові плагіни та модулі. Це дозволяє швидко навчатися та отримувати допомогу навіть тим, хто тільки починає працювати у 3D. Завдяки такому поєднанню простоти доступу та потужних інструментів, Blender став основним робочим середовищем для багатьох творчих проєктів, від ігрової графіки та анімації до промислового дизайну та візуалізацій у рекламних або архітектурних проєктах [14; 30].

Adobe Substance 3D Painter являє собою спеціалізоване програмне забезпечення, яке набуло статусу галузевого стандарту у сфері тривимірного дизайну, текстурювання та комп'ютерної візуалізації. Цей програмний продукт надає можливість художникам, дизайнерам, архітекторам та фахівцям у галузі комп'ютерної графіки створювати реалістичні поверхні та матеріали для широкого спектру об'єктів, включаючи цифрові персонажі, промислові деталі, елементи меблів та архітектурні проєкти. На відміну від традиційних графічних редакторів, Substance Painter функціонує в режимі реального часу, об'єднуючи процеси рендерингу, малювання та симуляції матеріалів у єдиному робочому середовищі. Це означає, що кожна дія користувача миттєво візуалізується на моделі у тривимірному просторі, що значно прискорює робочий процес та дозволяє отримувати негайний візуальний зворотний зв'язок [5; 21].

Програма пропонує комплексний набір інструментів для створення високоякісних тривимірних матеріалів. Зокрема, Substance Painter дозволяє

малювати текстури безпосередньо на поверхні 3D-моделей, при цьому кожен штрих відображається у реальному часі з урахуванням геометрії об'єкта, карт нормалей та освітлення. Програмне забезпечення використовує алгоритми фізично коректного рендерингу PBR (Physically Based Rendering), завдяки чому створені матеріали демонструють фотореалістичний вигляд у будь-якому рендер-движку. Система готових шаблонів Smart Materials та Smart Masks дозволяє швидко створювати складні матеріали, такі як метал, деревина, тканина або скло, значно скорочуючи час розробки. Substance Painter надає можливість комбінувати різноманітні параметри поверхні, включаючи кольорові карти, нормалі, показники металічності та шорсткості, використовувати систему масок, шарів та процедурних ефектів [5; 21].

Важливою перевагою програми є її інтеграція з іншими тривимірними редакторами та ігровими движками. Substance Painter підтримує імпорт моделей з усіх популярних 3D-редакторів, таких як 3ds Max, Maya, Blender, ZBrush та Cinema 4D, а також забезпечує прямий експорт у Unreal Engine, Unity та інші платформи без втрати якості. Програма підтримує використання HDRI-освітлення для створення реалістичних відбитків та тіней. Система організації робочого процесу побудована за принципом шарів, де кожен ефект, колір або текстура зберігаються в окремих шарах, що можуть бути відредаговані на будь-якому етапі роботи [21].

Цільова аудиторія Adobe Substance 3D Painter охоплює широке коло професіоналів. Тривимірні дизайнери використовують програму для створення текстур і підготовки моделей до рендерингу, архітектори застосовують її для візуалізації інтер'єрів та екстер'єрів із реалістичними матеріалами. Ігрові студії активно використовують Substance Painter для розробки персонажів та об'єктів оточення, а студії реклами та анімації застосовують програму для створення фотореалістичних сцен у відеороликах та візуальних ефектах. Завдяки можливості створювати поверхні з фотореалістичною деталізацією, Substance Painter став незамінним інструментом у виробництві комп'ютерних ігор, рекламних

матеріалів, кінематографічних проєктів, архітектурних візуалізацій та промислового дизайну, що підтверджує його універсальність та високу функціональність у різноманітних галузях цифрового мистецтва [5; 21].

На основі дослідженої інформації, можна обґрунтувати вибір Blender 3D та Adobe Substance 3D Painter насамперед їхньою функціональною взаємодоповнюваністю: Blender забезпечує повний цикл моделювання від базової геометрії до фінального рендеру, тоді як Substance Painter закриває потребу в якісному текстурюванні з підтримкою PBR-воркфлоу. Для створення фонових 3D-моделей, де ключовими вимогами є оптимізація полігонажу та переконливий вигляд поверхонь, такий тандем є логічним вибором, оскільки Blender дозволяє контролювати топологію та рівень деталізації меш-об'єктів, а Substance Painter компенсує спрощену геометрію засобами деталізованих карт нормалей і процедурних ефектів зносу. Додатковим аргументом є інтеграція між програмами – модель експортується у форматі FBX зі збереженням UV-розгортки, після чого запечені текстури повертаються назад у Blender для фінального рендерингу. Безкоштовність Blender усуває фінансовий бар'єр для ітеративної роботи, а підписка на Substance Painter виправдана галузевим стандартом вихідних файлів, які без конвертації приймаються ігровими рушіями та рендер-пайплайнами замовників.

Отже, Blender 3D та Adobe Substance 3D Painter є ключовими інструментами сучасного 3D-дизайну, кожен зі своєю спеціалізацією. Blender поєднує універсальність, потужний функціонал та доступність, дозволяючи моделювати, анімувати, текстурувати та рендерити об'єкти на всіх етапах виробництва. Adobe Substance 3D Painter забезпечує професійне текстурювання та створення фотореалістичних матеріалів у реальному часі з підтримкою PBR та інтеграцією з різними 3D-редакторами й ігровими движками. Разом ці програми дозволяють реалізовувати проєкти будь-якої складності, від ігрової графіки та анімації до архітектурної та промислової візуалізації, підвищуючи ефективність і якість роботи художників і дизайнерів.

Висновки до розділу 2

1. Аналіз світового ринку 3D-рендерингу засвідчив його стрімке зростання з прогнозованим середньорічним приростом близько 19%, що підтверджує високу актуальність досліджень у сфері тривимірної графіки. Встановлено, що технології 3D-моделювання вийшли далеко за межі розважальної індустрії та стали практичним інструментом в архітектурі, дизайні, рекламі та нерухомості, що водночас підвищує вимоги до технічної якості й оптимізації створюваного контенту.

2. Дослідження візуального стилю гри «Sky: Children of the Light» дозволило виявити ключові художні та технічні принципи, покладені в основу її естетики: мінімалістичне низькополігональне моделювання, символічне використання світла як наративного інструменту, стримана кольорова палітра та підпорядкування всіх дизайнерських рішень єдиній концепції. Ці принципи були прийняті за орієнтир при формуванні вимог до власної розробки.

3. Порівняльний аналіз програмних інструментів обґрунтував вибір Blender 3D та Adobe Substance 3D Painter як основного робочого стека. Blender забезпечує повний цикл моделювання, UV-розгортки та рендерингу в межах єдиного середовища, тоді як Substance 3D Painter надає професійний рівень текстурювання на основі PBR-пайплайну з підтримкою експорту до ігрових рушіїв. Поєднання цих інструментів дозволяє охопити всі необхідні етапи розробки без залучення стороннього програмного забезпечення.

РОЗДІЛ 3

МОДЕЛЮВАННЯ ТА ТЕКСТУРУВАННЯ 3D-СЦЕНИ У СТИЛІ ГРИ «SKY: CHILDREN OF THE LIGHT»

3.1. Концепція та ідея розробки

Кваліфікаційна робота присвячена реалізації проєкту на тему «Розробка дизайну 3D ігрового середовища у стилі гри "Sky: Children of the light"». Зазначене дослідження належить до сфери тривимірної комп'ютерної графіки та гейм-дизайну. Практична частина роботи представлена у форматі 3D-сцени – стилізованої 3D-кімнати, яка відтворює художні особливості обраного ігрового всесвіту.

У межах практичної частини кваліфікаційної роботи передбачається розробка простої 3D-кімнати – з меблями для фонового ігрового середовища, створених під відповідну стилістику гри. Проєкт орієнтований на демонстрацію практичних підходів до оптимізації 3D-моделей. Основне призначення роботи полягає у створенні візуально привабливого та технічно оптимізованих 3D-об'єктів, що відповідають вимогам ігрових рушіїв. Актуальність обраної теми зумовлена зростаючими вимогами до продуктивності в сучасних іграх та необхідністю балансу між візуальною якістю й технічною ефективністю. Передбачається, що в результаті буде створено повноцінну 3D-сцену у вигляді кімнати, яка відповідатиме принципам оптимального полігонального моделювання, застосування LOD, технічно правильного UV-розгортання та текстуровання.

Потреба у розробці цього проєкту зумовлена тим, що в наявному середовищі бракує практично підкріплених досліджень, які б поєднували естетику ігор та оптимізацію 3D-моделей у єдиному навчальному контексті. Наявні візуальні дослідження у сфері моделювання або зосереджуються лише на зовнішньому вигляді, ігноруючи технічні обмеження, або є суто технічними без належної уваги до художньої якості. У зв'язку з цим виникає необхідність

створення проєкту, який дасть змогу продемонструвати, як поєднати обидва підходи – виразну стилізовану естетику та ефективну оптимізацію в рамках одного об'єкта. Це дозволить краще відповідати вимогам сучасної ігрової індустрії та забезпечити якісний навчальний приклад для майбутніх фахівців.

Практичні результати та сформульовані підходи до реалізації проєкту орієнтовані на студентів спеціальностей комп'ютерної графіки, гейм-дизайну та 3D-моделювання, а також розробників ігор. Це переважно молодь віком 15-30 років, яка цікавиться відеоіграми, 3D-графікою та цифровим мистецтвом і веде активний цифровий спосіб життя. Для цієї аудиторії важливими є зрозумілість, практична корисність матеріалу та естетична привабливість результату. Вона позитивно сприймає візуальні приклади, яким властиві чистота форм, м'яка кольорова гама або атмосферна стилістика. Від майбутнього продукту очікується наочна демонстрація того, як виглядає якісна 3D-модель та якими технічними засобами вона досягається.

Метою проєкту є створення оптимізованої 3D-кімнати, на основі стилістики гри «Sky: Children of the light», придатної для використання в ігровому середовищі.

Серед основних функцій проєкту доцільно виокремити естетичну, інформаційну та презентаційну. Естетична функція полягає у формуванні атмосферного та привабливого образу стилізованого ігрового простору, що відповідає художній мові обраної гри. Інформаційна функція спрямована на практичне застосування методів оптимізації – зменшення кількості полігонів, коректного UV-розгортання, використання текстурних карт та принципів LOD для забезпечення ефективної роботи моделі в ігровому рушії. Презентаційна функція передбачає використання результату як практичного прикладу поєднання художніх та технічних підходів у сфері ігрової 3D-графіки. Сукупність цих функцій дає змогу забезпечити повноцінний і якісний результат, придатний як для практичного використання, так і для навчальних цілей.

У процесі розробки проєкту необхідно врахувати низку вимог і можливих обмежень. До функціональних вимог належать: коректна топологія моделі, оптимальна кількість полігонів відповідно до вимог, правильне UV-розгортання без перекриттів та спотворень. Стилистичні вимоги пов'язані з дотриманням візуальної мови гри «Sky: Children of the light»: м'які форми, переважно тепла кольорова гама, мінімалізм деталізації, відчуття легкості простору. Технічні вимоги передбачають адаптацію моделі до роботи в ігровому рушії, збереження кінцевих файлів у відповідних форматах, підготовку текстурних карт. Водночас під час проєктування слід урахувувати такі обмеження, як орієнтація на базову сцену без надмірної деталізації, обмежена кількість текстурних каналів та необхідність збереження читабельності форм при зниженні рівня деталей (LOD).

Попередньо проєкт орієнтується на стилізований, м'який та атмосферний візуальний стиль, натхненний естетикою гри «Sky: Children of the light». У його основі передбачається використання простих, плавних геометричних форм без зайвих деталей, пастельної кольорової гами з м'якими переходами, а також мінімалістичної композиції приміщення. Образне рішення має створювати враження спокою, затишку та казковості – характерних рис обраної гри. Простір кімнати передбачає наявність базових елементів інтер'єру: стіни, підлога, кілька меблевих об'єктів та джерела освітлення. Такий підхід відповідає характеру теми, технічному призначенню проєкту та естетичним очікуванням цільової аудиторії.

На відміну від типових підходів у сфері 3D-моделювання, проєкт не орієнтуватиметься на перевантаження деталями сцени або надмірну реалістичну графіку. Передбачається відмова від хаотичного розміщення об'єктів та невиправданої складності геометрії, оскільки це суперечить стилістиці обраної гри. Натомість основний акцент буде зроблено на лаконічності форм, мінімалізмі та атмосферності простору, що дасть змогу сформувати впізнаваний образ у межах заданого стилю.

Очікуваним результатом є створення 3D-кімнати, яка відповідатиме темі проєкту, технічним вимогам та візуалу. Якість роботи визначатиметься такими

критеріями: гармонічна композиція усіх елементів сцени, технічна правильність моделей, відповідність принципам оптимізації, а також загальна атмосферність простору. Результат має бути придатним до безпосереднього використання в майбутньому ігровому рушії та слугувати наочним прикладом поєднання художніх і технічних підходів у моделюванні.

Отже, у межах сформованої концепції та ідеї проєкту обґрунтовано актуальність розробки тривимірного ігрового середовища у стилістиці гри «Sky: Children of the light». Визначено, що головною метою практичної реалізації є створення візуально привабливої та технічно оптимізованої 3D-кімнати, придатної для інтеграції в сучасні ігрові рушії. На основі аналізу цільової аудиторії та наявних аналогів доведено доцільність поєднання виразної художньої естетики мінімалізму з ефективними технічними підходами: оптимізацією полігональної сітки, розробкою рівнів деталізації та коректним UV-розгортанням. Сформульовані естетичні, функціональні та технічні вимоги до об'єкта проєктування виступають основою для подальшого етапу моделювання.

3.2. Початкові ескізи та ідейні варіанти

На початковому етапі роботи для майбутнього оточення було створено замальовки, у яких визначалися основні форми, стиль і композиція сцени. Оскільки проєкт орієнтований на візуальну стилістику гри «Sky: Children of the light», ескізи будувалися на плавних силуетах, спрощених геометричних формах і м'яких, округлих об'ємах (рис. 3.1). На цьому етапі також вирішувалося питання загальної організації простору – розташування великих та малих меблевих об'єктів, визначення світлових акцентів та глибини сцени. Ескізування дозволило заздалегідь виявити потенційні композиційні проблеми та скоригувати їх до початку моделювання, що значно скоротило кількість правок на подальших етапах. Таке рішення сформувало чітку основу для побудови 3D-моделей із збереженням впізнаваного художнього напрямку обраного референсу.

На етапі створення початкових художніх концептів особлива увага приділялася предметам інтер'єру. Для серії картин та елементів декору було розроблено спрощені геометричні варіанти, які передбачали використання мінімальної кількості полігонів. Таке рішення обґрунтоване тим, що основна деталізація та візуальна складність цих об'єктів зазвичай мають реалізуватися за рахунок накладання текстурних карт, а не через ускладнення тривимірної форми.

Під час розробки ескізів враховувалися не лише суто естетичні та художні аспекти, але й технічні пропозиції щодо подальшого моделювання та оптимізації всієї сцени. Уже на цій початковій стадії було закладено базовий підхід, орієнтований на максимальне зменшення майбутнього обчислювального навантаження на ігровий рушій. Саме тому первинні форми об'єктів створювалися з урахуванням мінімальної кількості дрібних деталей, які могли б перевантажити геометричну сітку. Усі без винятку варіанти подачі елементів середовища спершу будувалися на основі простих і чітких силуетів, які в подальшому легко трансформувати у тривимірні моделі з низькою кількістю полігонів. Яскравим прикладом реалізації цієї концепції є кам'яні стільці, стіл і комод, які спочатку проектувалися з цільних масивів частин без використання складних декоративних елементів, що в процесі фінального моделювання дозволяє суттєво мінімізувати підсумкову кількість вершин і граней.



Рис. 3.1. Ескізування меблів

Було створено кілька ескізів, які стосувалися розміщення об'єктів у просторі кімнати (рис. 3.2). Завдяки цьому стало можливо протестувати різні композиційні рішення та визначити, які з них найкраще виглядатимуть у мінімалістичному середовищі (рис. 3.3).

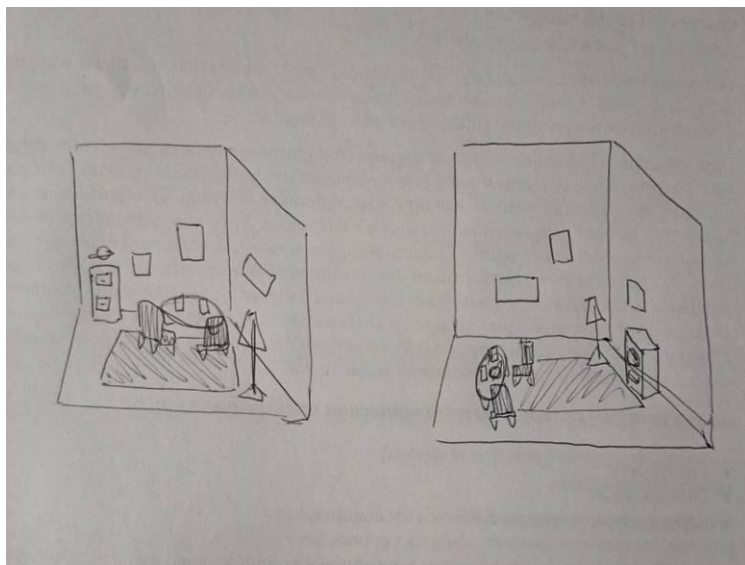


Рис. 3.2. Ескізування кімнати варіант А



Рис. 3.3. Ескізування кімнати варіант Б

Також вже на стадії ескізування закладалася ідея видалення в майбутньому зайвих площин та прихованих поверхонь. Наприклад, ті частини моделей, які в

реальній композиції кімнати не будуть видимими гравцеві (задні чи нижні площини меблів). Це дає можливість в подальшому оптимізувати моделі без втрати якості для користувача.

Процес розробки майбутнього тривимірного простору не обмежувався лише оптимізацією геометричної сітки, оскільки хаотичне розміщення моделей позбавило б сцену переконливості. Організацію локації було реалізовано на основі принципів класичної художньої композиції, зокрема правила третин. Це дозволило гармонійно вписати ключові орієнтири торшер та столик у перетини умовної композиційної сітки. Співвідношення елементів сцени було побудовано на контрасті масштабів: масивний торшер фокусує на собі першочергову увагу, тоді як менші стільці та тумба виконують функцію фонового наповнення. Ефекту глибини та об'ємності на статичному рендері вдалося досягти без залучення складних графічних ефектів, лише завдяки чіткому розподілу об'єктів за планами: переднім (стільці), середнім (столик) та заднім (тумба). Таке вивірене просторове розташування забезпечило візуальну рівновагу сцени, що, відповідно до теорій сприйняття, полегшує зчитування оточення та знижує когнітивне навантаження на користувача.

Початкові ескізи виконували дві ключові функції, які полягали у візуальному формуванні стилю та атмосфери сцени, а також у закладанні технічних рішень для подальшої оптимізації, що дозволило зберегти придатність моделей для ігрового використання.

Концепція освітлення як головного інструменту формування атмосфери також детально прораховувалася ще на етапі ескізування, що дозволило заздалегідь спланувати трансформацію геометрії в емоційно насичене середовище. На стадії продумування ідеї було визначено, що ефект «магічності» сцени досягатиметься не через ускладнення шейдерів чи текстурних карт, а завдяки грі світла. Для цього в ескізах було закладено взаємодію двох джерел із різними кольірними температурами на нейтральному темному тлі. Особлива увага на початковому етапі приділялася психологічному впливу палітри. Згідно з

попереднім задумом, тепле жовте світло торшера мало уособлювати затишок і безпеку, тоді як рожево-фіолетове світіння декоративної кулі планувалося як інструмент відтворення канонічної казкової атмосфери. Запроєктований ще під час ескізування холодний синьо-сірий тон стін та підлоги у фінальній сцені виступив контрастом, який підсилив дію обох світлових акцентів.

Отже, етап ескізування визначив ключові параметри майбутньої сцени одночасно у двох площинах – художній та технічній. Опрацювання силуетів і композиційних схем дозволило обрати оптимальне розташування об'єктів, обґрунтувати ієрархію елементів і закласти принципи оптимізації геометрії ще до початку моделювання. Паралельно на цьому ж етапі було сформовано концепцію освітлення: взаємодія двох джерел із контрастними колірними температурами на нейтральному тлі визначила емоційний характер середовища і стала основою для подальшої роботи над атмосферою сцени.

3.3. Процес розробки 3D-ігрового середовища

Практична розробка 3D-ігрового середовища здійснювалася у два основні етапи: моделювання об'єктів у Blender 3D та їх текстурування в Adobe Substance 3D Painter. Такий поділ відповідає стандартному пайплайну створення ігрової графіки і дозволяє зосередитися на кожному завданні окремо, не перевантажуючи робочий процес.

Робота в Blender 3D розпочалася зі створення базового об'єму кімнати – куба з видаленими зовнішніми гранями, де внутрішні площини стали підлогою та стінами. Обраний формат – ізометрична кімната у вигляді відкритого куба, надала сцені мініатюрного вигляду, схожого на діораму, що добре узгоджується зі стилістикою гри «Sky: Children of the Light». Для кімнати були видалені дві передні грані, щоб забезпечити відкритий перегляд інтер'єру з ракурсу камери.

Моделювання кожного об'єкта починалося з примітивних форм: куба, циліндра, сфери та площини. Усі меблі будувалися методом полігонального моделювання за допомогою інструментів Extrude, Loop Cut, Bevel та Inset Faces

поступово формувалися необхідні силуети (рис. 3.4). Для досягнення м'якості форм, було прийнято рішення створити додатково high-poly моделі із застосуванням модифікаторів Subdivision Surface та Bevel на ребрах, що дозволяло отримувати плавні заокруглення без суттєвого збільшення кількості полігонів базової сітки (рис. 3.5).

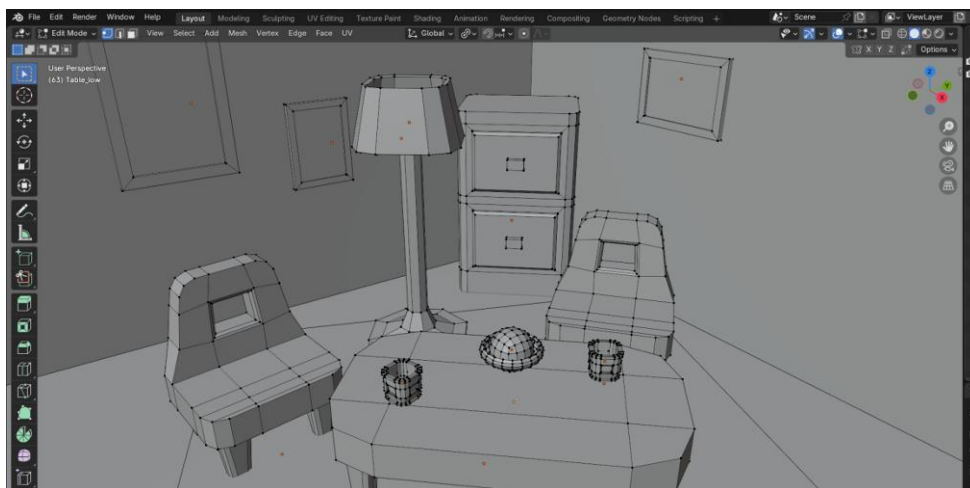


Рис. 3.4. Процес моделювання кімнати

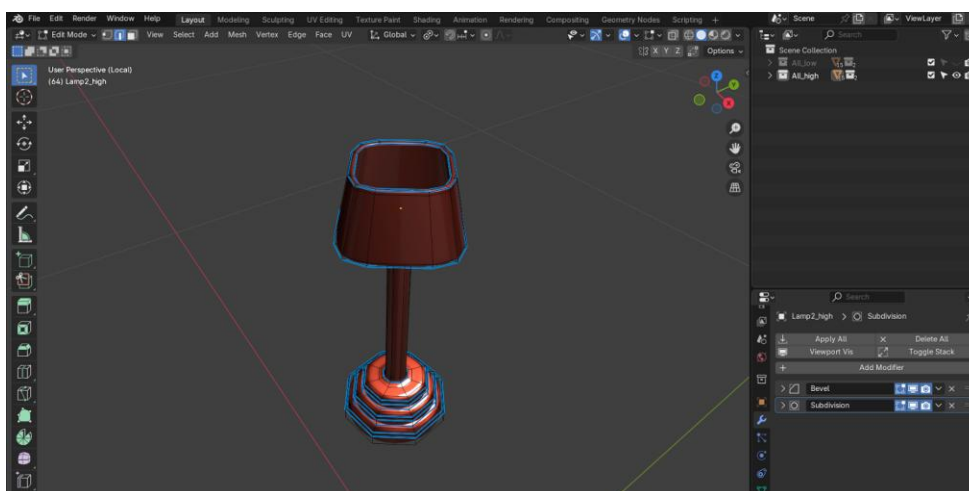


Рис. 3.5. Застосування модифікаторів

Серед змодельованих об'єктів: торшер, виконаний з циліндричних сегментів; низький журнальний стіл з масивними ніжками; два крісла зі спинками та злегка скругленими сидіннями; тумба з висувною шухлядою; декоративні рамки на стіні та невеликі предмети декору на столі – кілька чашок та

декоративна куля, що слугує джерелом додаткового точкового освітлення. Усі об'єкти за розміром і пропорціями відповідають один одному в межах сцени.

Особлива увага під час моделювання приділялася оптимізації топології. Усі приховані площини, що не потраплять у поле зору камери (наприклад, задні або нижні грані меблів), були видалені ще на етапі моделювання. Це дозволило суттєво зменшити кількість полігонів і зробити моделі більш придатними до використання в ігровому рушії. Геометрія кожного об'єкта переважно складається з чотирикутників, що є оптимальним для коректної роботи subdivision та подальшого текстурювання.

Після завершення моделювання для кожного об'єкта було виконано UV-розгортку. Процес розгортання здійснювався вручну, у вбудованому UV Editor за допомогою Mark Seam та Mark Sharp. Розгортка будувалася з урахуванням того, яким буде розподіл текстурного простору: більші видимі поверхні отримували більше місця на UV-острові, тоді як дрібні або непомітні деталі – менше. Використовуючи Texel Density, було вираховано розмір кожного острова, для однакового накладання текстур в майбутньому. Усі острови були рівномірно розподілені в межах текстурного квадрата без перекриттів, що є обов'язковою умовою для коректного запікання та текстурювання (рис. 3.6).

Після підготовки UV-розгортки моделі були експортовані у формат OBJ для подальшої роботи в Adobe Substance 3D Painter. Паралельно в Blender були підготовлені high-poly версії окремих об'єктів для запікання карт нормалей (Normal Map). High-poly варіанти містили додаткові дрібні деталі, які потім були перенесені на low-poly сітку через процедуру baking, що дозволило зберегти відчуття об'єму та фактури без надмірного ускладнення геометрії.

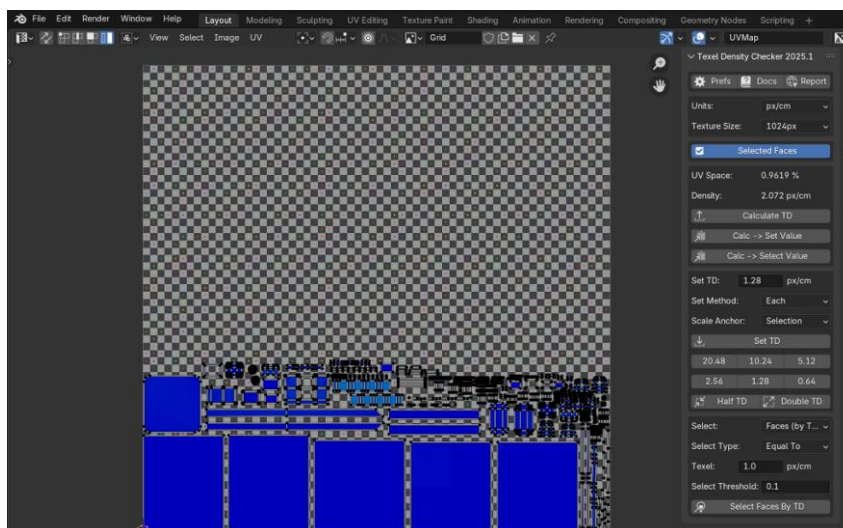


Рис. 3.6. UV-розгортка

Наступний етап розробки – текстурування, виконувався в Adobe Substance 3D Painter. Після імпорту OBJ-файлу до програми були запечені стандартні карти: Normal, Base color, Height, Ambient Occlusion, Curvature та World Space Normal. Ці карти стали основою для подальшого створення матеріалів і дозволили програмі коректно відображати освітлення, тіні і фактуру поверхонь.

Матеріали для кожного об'єкта створювалися вручну за допомогою шарового підходу. Основою слугував базовий колір (Base Color), поверх якого накладалися шари з генераторами країв, забруднень та мікрофактури. Для кожної поверхні налаштовувалися параметри Color, Roughness та Height відповідно до матеріалу: деревоподібні поверхні меблів отримали лаковий, злегка нерівний вигляд із середнім значенням шорсткості.

Колірна палітра всього середовища витримувалася у приглушених відтінках: фіолетовому, жовтому та помаранчевому, що відповідають стилістиці гри. Основні поверхні кімнати (стіни, підлога) виконані в нейтральних тонах, тоді як меблі та декор містять тепліші акценти. Декоративна куля на столі отримала фіолетово-рожевий відтінок, що перегукується з кольором точкового освітлення в сцені та надає їй додаткового акценту (рис. 3.7).

Після завершення роботи в Substance 3D Painter текстурні карти були експортовані в наборі, сумісному з більшістю ігрових рушіїв у форматі PNG з

роздільною здатністю 4096×4096 пікселів. Завдяки такому підходу отримані матеріали готові до використання як у Blender (для фінального рендеру), так і до подальшого імпорту в ігрові рушії, наприклад Unity або Unreal Engine.

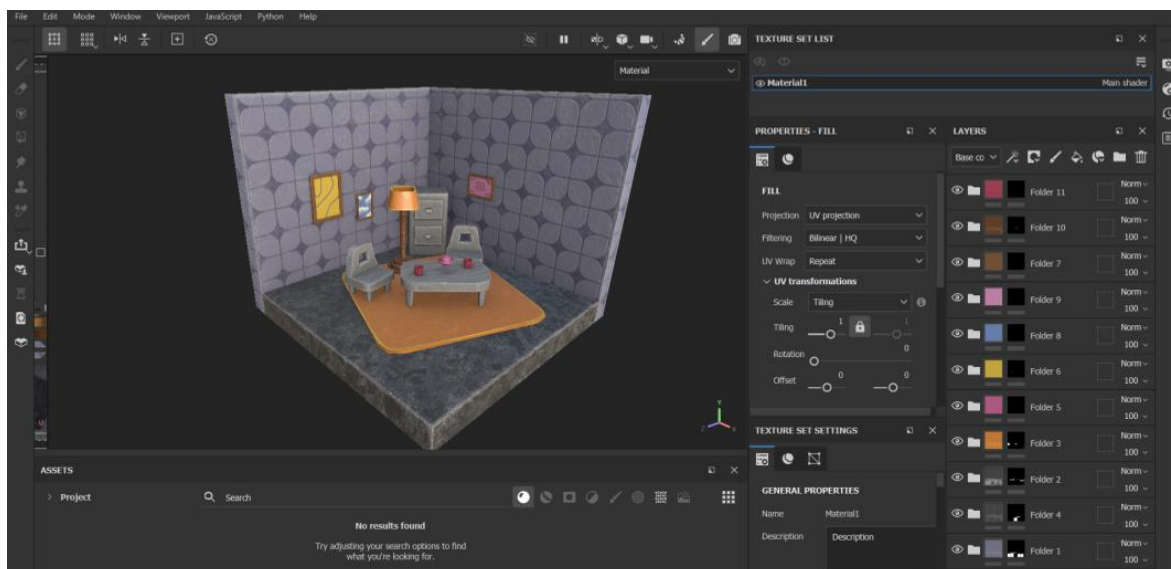


Рис. 3.7. Текстурування в Adobe Substance 3D Painter

Після імпорту текстурних карт із Adobe Substance 3D Painter до Blender матеріали налаштовувалися вручну через вбудований редактор нодів Shader Editor. Для кожного об'єкта створювався матеріал на основі ноду Principled BSDF – універсального шейдера, що підтримує PBR-пайплайн. До нього підключалися відповідні текстурні карти через ноди Image Texture: карта Base Color з'єднувалася з входом Base Color шейдера, карта Roughness з входом Roughness, а карта висот (Height) підключалася через ноду Bump, яка конвертувала її у векторну інформацію і передавала на вхід Normal шейдера Principled BSDF. Такий підхід дозволив коректно відтворити фактуру та рельєф поверхонь без надмірного ускладнення геометрії. Усі ноди Image Texture налаштовувалися з кольоровим простором sRGB для карт кольору та Non-Color для карт Roughness і Height, що є обов'язковою умовою для коректного відображення матеріалів. Готові нодові дерева застосовувалися до відповідних мешів, після чого матеріали відображалися

у Viewport Shading в режимі Rendered, що дозволяло оцінювати результат у реальному часі (рис. 3.8).

Для відтворення атмосфери, було застосовано лише два джерела світла: торшер у куті кімнати (основне тепле джерело освітлення Point Light з жовтим відтінком); декоративна куля на столі – додаткове точкове джерело з м'яким фіолетово-рожевим підсвічуванням. Поєднання цих джерел забезпечило контраст між теплим і холодним світлом, типовий для стилістики гри-референсу.

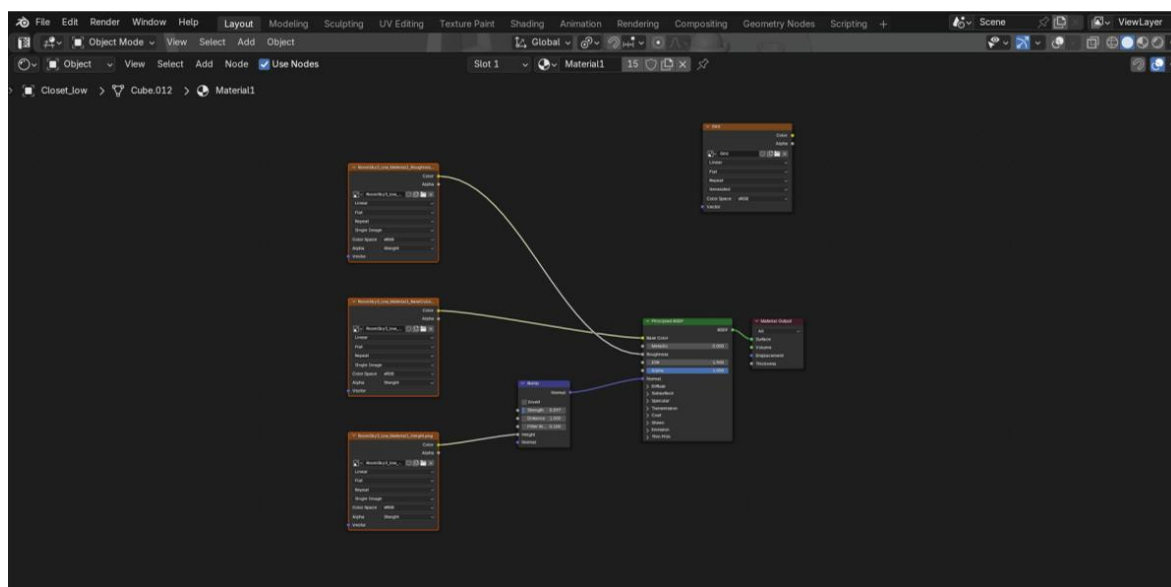


Рис. 3.8. Підключення нодів

Фінальний вигляд сцени було отримано безпосередньо у середовищі Blender 3D, після завершення всіх етапів налаштування матеріалів, освітлення та розташування об'єктів у просторі кімнати. Для того щоб належним чином зафіксувати результат розробки, у сцені була встановлена та налаштована камера. Її позиція підбиралася таким чином, щоб максимально повно охопити весь внутрішній простір кімнати з одного ракурсу (рис. 3.9). В результаті камера була розташована під ізометричним кутом, що дозволило одночасно відобразити всі ключові об'єкти сцени у єдиному кадрі. Такий ракурс також підкреслює діорамний характер сцени, що добре узгоджується із загальною стилістикою

проекту. Отриманий знімок зафіксував фінальний стан розробки та слугує наочною демонстрацією результату виконаної роботи.

Результатом практичної частини кваліфікаційної роботи є повністю завершена 3D-сцена – стилізована кімната, що відповідає візуальній мові гри «Sky: Children of the light». Сцена включає комплект авторських 3D-моделей меблів та декору, підготовлені текстурні набори для кожного об'єкта та фінальний рендер, виконаний у Blender.

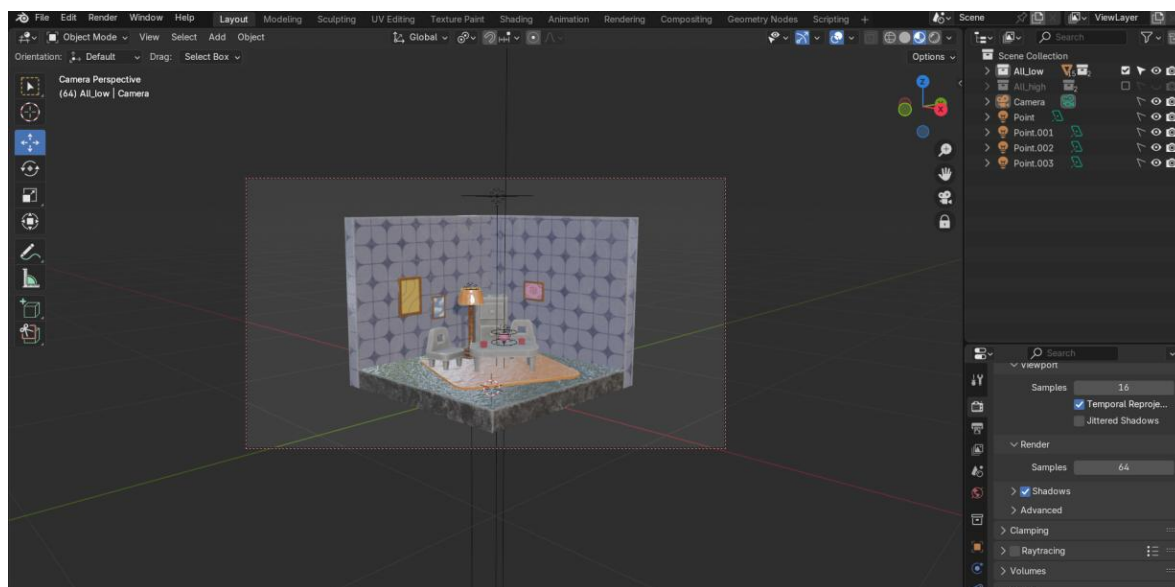


Рис. 3.9. Налаштування камери в Blender 3D

Кімната має формат відкритого куба і переглядається з ізометричного ракурсу. Така композиція дозволяє охопити всю сцену з одного погляду та підкреслює необхідну естетику простору. У кімнаті розміщено: підлогову лампу з плафоном, розташовану в куті сцени, яка є основним тепло-жовтим джерелом освітлення; низький журнальний стіл з декоративною кулею та кількома чашками на ньому; два крісла, розташовані з обох боків столу; тумбу з шухлядою у задній частині кімнати; декоративні рамки, розміщені на стінах. Усі об'єкти витримані в єдиному стилі, а саме, спрощені форми, плавні заокруглення, відсутність надмірних деталей.

Колірне рішення сцени побудоване на поєднанні теплих і холодних відтінків. Стіни та підлога виконані в нейтральних фіолетових та сірих кольорах, що створює глибокий фон. Меблі та тумба забарвлені у відтінки, які здебільшого використовуються розробниками «Sky: Children of the light». Декоративна куля на столі отримала фіолетово-рожеве підсвічування, яке поширюється на поверхню столу і підлоги, додаючи сцені казкового та атмосферного акценту. Загальне холодне фонове освітлення доповнює теплі джерела, утворюючи необхідний для стилістики гри контраст.

Фінальний рендер демонструє сцену в її цілісності: правильно збалансоване освітлення, коректно відображені тіні та текстури, відчутний об'єм і глибина простору. Результат відповідає стилістиці гри-референсу – простота та лаконічність форм, атмосферне поєднання теплого та холодного світла (рис. 3.10, 3.11).



Рис. 3.10. Загальний вигляд кімнати

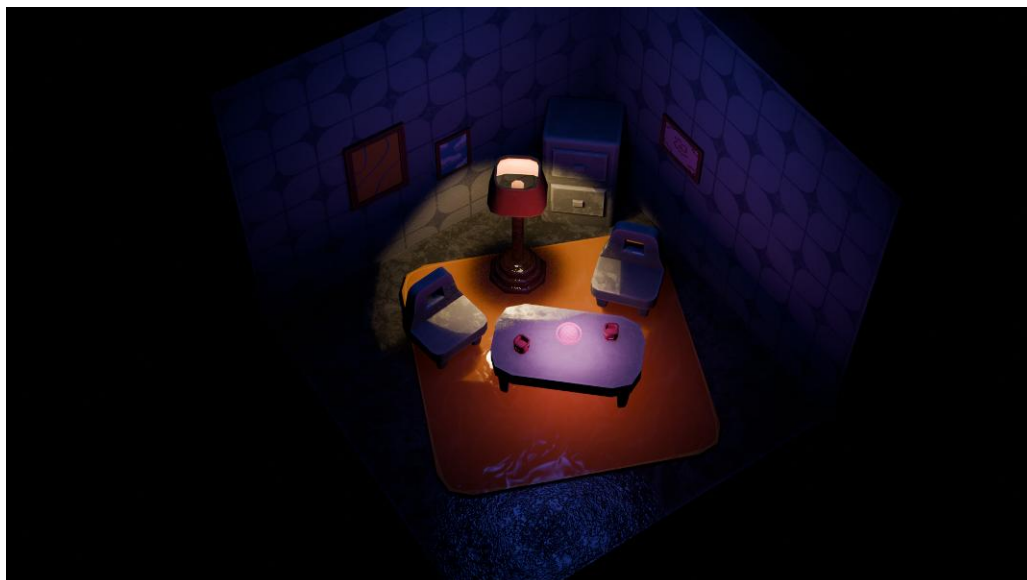


Рис. 3.11. Вид кімнати зверху

З технічного боку розроблені моделі відповідають вимогам оптимізації для ігрових рушіїв. Кількість полігонів кожного об'єкта є мінімально необхідною для збереження форми і не перевищує рекомендованих показників для мобільних та крос-платформних проєктів. Усі UV-розгортки виконані коректно, без перекриттів і спотворень. Текстурні набори підготовлені у форматі PNG з роздільною здатністю 4096×4096 пікселів і містять карти Base Color, Normal, Roughness та Ambient Occlusion, сумісні зі стандартним PBR-пайплайном.

Отримана сцена демонструє, що стилізований підхід до 3D-моделювання дозволяє досягти виразного та атмосферного результату без надмірної геометричної складності. Рішення, закладені ще на етапі ескізування – це спрощені силуети, видалення прихованих поверхонь, мінімалізм деталей підтвердили свою ефективність у фінальному продукті. Проєкт наочно демонструє, як художній та технічний підходи можуть бути поєднані в єдиному робочому процесі, що є важливим аспектом в сфері ігрової розробки.

Отже, процес створення 3D-ігрового середовища охопив усі ключові етапи: від моделювання та оптимізації геометрії у Blender 3D до текстурювання в Adobe Substance 3D Painter і фінального рендеру. Послідовне виконання кожного кроку дозволило отримати візуально цілісну та технічно коректну сцену, придатну до

використання в ігровому контексті. Отримана сцена засвідчила, що мінімалістична геометрія, грамотно побудована композиція та атмосферне освітлення здатні сформувати переконливий ігровий простір без надмірного ускладнення технічної складової. Підготовлені моделі з коректними UV-розгортками та PBR-текстурами відповідають стандартам сучасних ігрових рушіїв, а колірне рішення і світлові акценти забезпечують впізнавану естетику обраного стилю. Таким чином, фінальна розробка відповідає меті та завданням кваліфікаційної роботи: створено оптимізоване 3D-ігрове середовище у стилі «Sky: Children of the Light».

Висновки до розділу 3

1. Визначено концепцію та ідею проєкту: розроблено стилізовану 3D-кімнату у візуальному стилі гри «Sky: Children of the light», орієнтовану на поєднання естетичної привабливості та технічної оптимізації. Встановлено функціональні, стилістичні та технічні вимоги до розробки, визначено цільову аудиторію та критерії оцінювання якості фінального результату.

2. На етапі ескізування сформовано стиль, композицію та характер майбутнього середовища. Застосування правила третин і розподіл об'єктів за планами дозволили досягти просторової рівноваги сцени. Вже на цій стадії було закладено принципи оптимізації геометрії – спрощені силуети, видалення прихованих поверхонь, мінімізація дрібних деталей, а також визначено концепцію освітлення як головного інструменту формування атмосфери.

3. Практична реалізація середовища здійснювалася у два етапи. У Blender 3D методом полігонального моделювання створено всі об'єкти сцени з дотриманням коректної топології та оптимальної кількості полігонів, виконано UV-розгортку з урахуванням Texel Density. В Adobe Substance 3D Painter запечено текстурні карти та створено матеріали на основі шарового підходу. Після імпорту карт до Blender налаштовано нодові дерева на основі шейдера Principled BSDF, встановлено освітлення та зафіксовано фінальний вигляд сцени через камеру.

4. Фінальна сцена підтвердила ефективність обраного підходу: стилізоване середовище з мінімальною геометричною складністю, коректними UV-розгортками та PBR-текстурами у форматі PNG 4096×4096 пікселів відповідає вимогам ігрових рушіїв і водночас передає атмосферу гри-референсу.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі вирішено актуальне науково-практичне завдання, що полягає в обґрунтуванні художньо-технічних підходів та безпосередній розробці 3D-ігрового середовища у стилізованій візуальній мові гри «Sky: Children of the light» з дотриманням вимог до оптимізації 3D-графіки.

1. Аналіз еволюції 3D-графіки та динаміки світового ринку 3D-рендерингу підтвердив стрімке зростання попиту на тривимірний контент у суміжних галузях, від ігрової індустрії та кінематографа до архітектурної візуалізації та реклами. Досліджено, що сучасна індустрія вимагає від 3D-художника не лише створення естетично привабливої форми, а й глибокого розуміння процесів технічної оптимізації та кросплатформеності для ефективної роботи фінального продукту на різних пристроях. Встановлено, що ігнорування технічних обмежень цільової платформи на ранніх етапах виробництва призводить до значних витрат часу на переробку готових моделей та текстур, тому інтеграція вимог оптимізації безпосередньо в художній процес є необхідною умовою ефективного пайплайну.

2. У результаті дослідження художніх особливостей гри «Sky: Children of the light» було виявлено її ключові візуальні характеристики: мінімалізм форм, переважне використання низькополігональних моделей, пастельна кольорова палітра, м'якість силуетів та провідна роль освітлення як інструменту сторітелінгу й формування атмосфери. Проведено порівняльний аналіз суміжних стилізованих проєктів, що дозволило чітко окреслити межі обраної візуальної мови та сформулювати принципи, які відрізняють стиль гри від інших напрямів low-poly естетики. Ці принципи було закладено в основу концепції власного проєкту та послідовно реалізовано на всіх етапах виробництва, від ескізування до фінального рендерингу.

3. Доведено ефективність використання програмного забезпечення Blender 3D та Adobe Substance 3D Painter як взаємодоповнювального інструментарію. Blender забезпечив повний цикл роботи з геометрією: базове моделювання,

контроль топології, наявність різноманітних модифікаторів, UV-розгортання та підготовку до експорту, тоді як Substance Painter закрив потребу в якісному PBR-текстуруванні з використанням запечених карт нормалей, кривизни та оклюзії. Обґрунтовано, що така комбінація є оптимальною для стилізованого low-poly контенту, оскільки дозволяє компенсувати спрощену геометрію засобами текстурної деталізації без збільшення полігонажу моделей.

4. Практичним результатом роботи стала цілісна інтер'єрна 3D-сцена – ізометрична кімната, у якій усі елементи (меблі, торшер, крісла, декоративні об'єкти) композиційно врівноважені відповідно до правила третин, контрасту масштабів та чіткого розподілу за просторовими планами для забезпечення зчитування глибини сцени. Запропоновано підхід до побудови ізометричної сцени у стилізованому ігровому середовищі, який поєднує художні принципи обраного референсу з конкретними технічними рішеннями щодо оптимізації: повне видалення невидимих граней меблів, обмеження рівнів ітерацій Subdivision Surface для фонових об'єктів та імітація об'єму через карти висот і нормалей замість реальної геометрії.

5. Окремо сформульовано рекомендації щодо усунення типових помилок текстурування. Встановлено, що більшість видимих дефектів на поверхні моделей можна уникнути вже на етапі UV-розгортки в Blender, якщо розміщувати лінії розрізів у непомітних місцях – знизу або збоку об'єкта, де їх не буде видно в готовій сцені. Додатково важливо правильно налаштовувати параметри запікання в Substance Painter, оскільки некоректні значення можуть спричиняти появу плям або небажаних тіней на текстурі. Дотримання цих двох умов дозволяє отримати чисту текстуру без необхідності повторно переробляти геометрію моделі. Для подальшої інтеграції сцени в ігрові рушії Unity або Unreal Engine запропоновано використовувати спрощені версії моделей для об'єктів, що знаходяться далеко від камери, а найвіддаленіші з них – замінювати простими плоскими зображеннями. Це дозволяє грі працювати плавно навіть на слабших мобільних пристроях, не втрачаючи при цьому загального візуального враження від сцени.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Баранова І. В., Федотова Н. А. Основи Blender: простий старт у 3D: навч. посіб. Суми, 2025. 136 с.
2. Біленко О.В., Пелагейченко М.Л. Технології (рівень стандарту). *Комп'ютерне проектування: підручник*. Тернопіль: Астон, 2018. 268 с.
3. В яких галузях застосовується 3D графіка та проектування. URL: <https://terentevdesignstudio.com/blog/galuzi-zastosuvannya-3d-grafiki-ta-proektuvannya/> (дата звернення: 26.05.2026).
4. Віртуальна реальність, VR. URL: <https://www.it.ua/knowledge-base/technology-innovation/virtualnaja-realnost-vr> (дата звернення: 27.05.2026).
5. Встановлення Adobe Substance 3D Painter - професійне текстурування та матеріали для 3D. URL: <https://lvivservice.com.ua/nalashtuvannya-adobe-substance-3d-painter/> (дата звернення: 20.05.2026).
6. Генерація 3D-об'єктів за допомогою III: 5 популярних інструментів URL: <https://goit.global/ua/articles/heneratsiia-3d-ob-iektiv-za-dopomohoiu-shi-5-populiarnykh-instrumentiv/> (дата звернення: 20.05.2026).
7. За і проти: процедурна генерація. Обговорюємо технологію з фахівцями Bloober Team, Ubisoft і GSC. URL: <https://gamedev.dou.ua/articles/procedural-generation-pros-and-cons/> (дата звернення: 05.05.2026).
8. Злобін Г.Г., Олександр Ч. Порівняльний аналіз засобів кросплатформного програмування. *Електроніка та інформаційні технології: збірник наук. праць*, вип. 5. Львів, 2015. С. 32.
9. Ігровий движок Unity: що це таке та на що він здатний?. URL: <https://itproger.com/ua/news/igrovoy-dvizhok-unity-razbiraemsysya-cho-k-chem> (дата звернення: 20.05.2026).
10. Історія 3D моделювання простою мовою - все, що варто знати новачку. URL: <https://cgischool.ua/istoriya-3d-modeluvannia/> (дата звернення: 02.05.2026).

11. Історія розвитку ігрових рушіїв. URL: <https://i.nure.ua/tekhnologii/2092-istoriya-rozvitku-igrovikh-rushiiiv> (дата звернення: 03.05.2026).
12. Крижка А. М. Стрес у нашому житті: причини виникнення, механізми впливу, способи подолання. *Психолого-педагогічні координати розвитку особистості: зб. наук. матеріалів IV міжнар. наук.-практ. конф., м. Полтава, 2023. С. 140–146.*
13. Кудрявцев А. В. Методи контрольованої генерації. *Комп'ютерні ігри та мультимедіа як інноваційний підхід до комунікації: матеріали міжнар. наук.-практ. конф., м. Одеса, 2025 р. С. 326-328.*
14. Можливості Blender 3D. URL: <https://www.itschool.vn.ua/features-blender-3d/> (дата звернення: 16.05.2026).
15. Найкращі ігрових рушіїв. URL: <https://ulab.sumdu.edu.ua/uk/10-najkrashhih-igrovih-rushiiiv> (дата звернення: 02.05.2026).
16. Найпопулярніші ігрові рушії Steam: Unity, Unreal, а які ж інші? URL: <https://mezha.ua/articles/naypopuliarnishi-ihrovi-rushii-steam/> (дата звернення: 02.05.2026).
17. Не соромно запитати: як працює Zbrush. Основні можливості, обмеження та відмінності від Blender і 3ds Max. URL: <https://skvot.io/uk/blog/ne-soromno-zapitati-yak-pracyuye-zbrush> (дата звернення: 02.05.2026).
18. Опис Sketchpad. URL: <https://vchymo.com/app/application/Sketchpad> (дата звернення: 26.05.2026).
19. Переваги мультиплатформенної розробки ПЗ. URL: [Переваги мультиплатформенної розробки ПЗ](#) (дата звернення: 30.05.2026).
20. Пікульський Р.М. Алгоритм трасування променів на основі методу Screen Space Ray Marching/Видавництво «Вісник», м. Вінниця, 2025. С. 132-136. DOI: <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2025-179-2-132-137>
21. Рішення з 3D-текстурування в Adobe Substance 3D Painter. URL: https://www.adobe.com/ua/products/substance3d/discover/3d-texturing.html?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 20.05.2026).

22. Романюк О.Н., Курінна Ю.М. Комп'ютерні ігри як інноваційний інструмент лікування та реабілітації зору. *Комп'ютерні ігри та мультимедіа як інноваційний підхід до комунікації*: матеріали V всеукр. наук.-техніч. конф., м. Одеса, 2025. С. 329-330.
23. 3D скульптинг. Створення фото реалістичних 3D моделей. URL: <https://addtive.com.ua/3d-sculpting/#:~:text=> (дата звернення: 05.05.2026).
24. Словник геймера: що таке "AAA" проєкти та як виникла така класифікація відеоігор. URL: https://games.24tv.ua/shho-take-aaa-igri-istoriya-viniknennya-populyarnoyi-klasifikatsiyi_n2574291 (дата звернення: 26.05.2026).
25. Соколюк О.М. Вплив VR/AR на технології навчання й освітнянські практики. *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми*: збірник наукових праць, м. Вінниця, 2021. С. 108-113. DOI: 10.31652/2412-1142-2021-60-108-116
26. Табакова І. С., Бедрата Р.Р., Русінов Ю.М. Створення 3D-моделей для ігор. *Поліграфічні, мультимедійні та web-технології*: матеріали IX Міжнар. наук.-техн. конф., 14-28 трав, м. Харків, 2024. С. 120-123.
27. Типи 3D моделювання: полігональне, сплайнове та NURBS моделювання. URL: <https://rocketmen.com.ua/ua/article/nurbs> (дата звернення: 03.05.2026).
28. Ходаков Д.В. Процедурна генерація контенту у комп'ютерних іграх: принципи, підходи та виклики. *Комп'ютерні ігри та мультимедіа як інноваційний підхід до комунікації*: матеріали V всеукр. наук.-практ. конф., 25-26 вересня, м. Одеса, 2025. С. 403-404.
29. Штучний інтелект для 3D моделювання. URL: <https://ai-soft.org.ua/naikrashhi-instrumenti-shtuchnogo-intelektu-dlya-3d-modelyuvannya/> (дата звернення: 20.05.2026).
30. Що таке Blender 3D і для чого він потрібний. URL: <https://it-generation.com.ua/stati/shho-take-blender-3d-i-dlya-chogo-potriben/> (дата звернення: 16.05.2026).

31. Що таке Unity? URL: <https://lemon.school/blog/shho-take-unity> (дата звернення: 28.05.2026).
32. Що таке Unreal Engine? Все, що вам потрібно знати, щоб почати. URL: <https://www.meshy.ai/uk/blog/what-is-unreal-engine> (дата звернення: 30.05.2026).
33. Як використовувати штучний інтелект в 3D-моделюванні. URL: <https://onix.team/yak-vykorystovuvaty-shtuchnyj-intelekt-v-3d-modelyuvanni/> (дата звернення: 07.05.2026).
34. Achieving Photorealism with 3D Characters. URL: <https://80.lv/articles/004adk-tips-for-creating-photorealistic-3d-characters> (дата звернення: 06.05.2026).
35. Behind the Design: Sky: Children of the Light. URL: <https://developer.apple.com/news/?id=zm47it7t> (дата звернення: 25.05.2026).
36. Crafting the mobile-friendly atmospheric storytelling of Sky: Children of the Light. URL: [Crafting the mobile-friendly atmospheric storytelling of Sky: Children of the Light](#) (дата звернення: 25.05.2026).
37. Creating Impostors in Unity: Unity Documentation. URL: <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.industry.toolkit@3.0/manual/create-impostors.html> (дата звернення: 06.05.2026).
38. 3D Rendering Market (2025 - 2033). URL: [3D Rendering Market Size & Share | Industry Report, 2033](#) (дата звернення: 15.05.2026).
39. 3D Rendering Market Size, Share, Growth, and Industry Analysis, By Types (Interior Visualization, Exterior Visualization, Walkthrough and Animation, Others), By Applications (Architect, Designer, Real Estate Company, Others), and Regional Insights and Forecast to 2034». URL: <https://www.globalgrowthinsights.com/market-reports/3d-rendering-market-114650> (дата звернення: 15.05.2026).
40. Developer. Unreal Engine Documentation. URL: <https://docs.unrealengine.com/4.26/enS/RenderingAndGraphics/Materials/PhysicallyBased/> (дата звернення: 02.05.2026).

41. Đồ Hòa Tuyệt Mỹ Của Sky: Children of the Light. URL: <https://apps.apple.com/us/story/id1465180456> (дата звернення: 25.05.2026).
42. Koulaxidis G., Xinogalos S. Improving Mobile Game Performance with Basic Optimization Techniques in Unity. *Modelling*: article 14, Greece, 2022. С. 223. DOI: [10.3390/modelling3020014](https://doi.org/10.3390/modelling3020014)
43. Laura L., Elin R. Optimization of 3D Game Models: A qualitative research study in Unreal Development Kit, 2013. P. 28
44. Optimizing Foliage at Scale: Imposters with InstaLOD. URL: <https://instalod.com/2025/04/07/optimizing-foliage-at-scale-imposters-with-instalod/> (дата звернення: 06.05.2026)
45. See how thatgamecompany created the magical art of Sky. URL: <https://www.cgchannel.com/2020/01/discover-how-thatgamecompany-created-the-magical-art-of-sky/> (дата звернення: 25.05.2026).
46. Shapes inc. URL: <https://shapes.inc/fandom/sky-children-of-the-light> (дата звернення: 25.05.2026).
47. Stylization in Video Games: A Deep Dive Analysis. URL: <https://80.lv/articles/stylization-in-video-games-a-deep-dive-analysis> (дата звернення: 06.05.2026).
48. The Number One Educational Resource for the Game Industry. URL: <https://gdcvault.com/play/1026903/Art-of-Sky-Children-of> (дата звернення: 25.05.2026).
49. The Secret Ingredient to Photorealistic 3D: Why HDR Maps Matter More Than You Think. URL: <https://medium.com/@VNTANA/the-secret-ingredient-to-photorealistic-3d-why-hdr-maps-matter-more-than-you-think-8a500386c52b> (дата звернення: 06.05.2026).
50. Week 2: Research (Sky: Children of the Light). URL: <https://jiblee.itch.io/game-journal/devlog/99041/week-2-research-sky-children-of-the-light> (дата звернення: 25.05.2026).

51. What are Shaders and how do they work?. URL: <https://www.danthree.studio/en/blog-cgi/shader-for-photorealistic-cgi-3d-visualizations-meaning> (дата звернення: 20.05.2026).
52. What is a polygon in 3D modeling?. URL: <https://www.adobe.com/products/substance3d/discover/3d-polygon-modeling.html> (дата звернення: 20.05.2026).
53. What is Cross-Platform Compatibility - Definition and Best Cross Platform Games. URL: <https://players.com.ua/en/what-is-cross-platform-compatibility-definition-and-best-cross-platform-games/> (дата звернення: 10.05.2026).

ДОДАТКИ

Додаток А

Proceedings of the XVIII International scientific and practical conference «Information technologies and automation – 2025»

Міністерство освіти і науки України
Одеський національний технологічний університет
Інститут комп'ютерної інженерії, автоматизації,
робототехніки та програмування ім.П.Н.Платонова

«ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ І
АВТОМАТИЗАЦІЯ – 2025»

*МАТЕРІАЛИ
XVIII МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ*



30-31 ЖОВТНЯ 2025 р.

м.Одеса

2

Рис. А.1. XVIII Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні технології і автоматизація» Одеський національний технологічний університет, 30-31 жовтня 2025 р.

Список використаної літератури

- [1] T. Schenk, "Generative AI Is About to Completely Reinvent Games," *Harvard Business Review*, May 15, 2023. [Online]. Available: <https://hbr.org/2023/05/generative-ai-is-about-to-completely-reinvent-games>
- [2] R. Rombach, A. Blattmann, D. Lorenz, P. Esser, and B. Ommer, "High-Resolution Image Synthesis with Latent Diffusion Models," in *Proc. IEEE/CVF Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit. (CVPR)*, 2022, pp. 10684–10695.
- [3] B. Poole, A. Jain, J. T. Barron, and B. Mildenhall, "DreamFusion: Text-to-3D using 2D Diffusion," *arXiv preprint arXiv:2209.14988*, 2022.
- [4] B. Oz, "How Generative AI is changing content creation for NVIDIA RTX GPUs," *NVIDIA Technical Blog*, Mar. 21, 2023. [Online]. Available: <https://blogs.nvidia.com/blog/2023/03/21/generative-ai-rtx-content-creation/>

УДК 004.921

ПРИНЦИПИ СТВОРЕННЯ ФОНОВИХ 3D-МОДЕЛЕЙ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЇХНЬОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ДЛЯ ІГРОВОГО СЕРЕДОВИЩА

Волянська В.П., Силенко Ю.В., Іванова М.С.
(veronika.volnianska@gmail.com)

Київський національний університет технологій та дизайну (Україна)

У роботі досліджено принципи створення та оптимізації фонових 3D-моделей для ігрового середовища. Проаналізовано проблему балансу між візуальною якістю та технічною продуктивністю в контексті мультиплатформеності. Встановлено ефективність *low-poly* підходу з використанням текстур та шейдерів для деталізації. Проведено порівняльний аналіз програмного забезпечення 3ds Max та Blender 3D з точки зору можливостей оптимізації фонових об'єктів. Визначено оптимальні параметри полігональності моделей. Результати дослідження дозволяють сформулювати рекомендації щодо ефективного створення фонових 3D-моделей для ігор.

Метою дослідження є формування комплексного підходу до створення фонових 3D-моделей для ігрового середовища з урахуванням вимог оптимізації та мультиплатформеності. Досягнення цієї мети передбачає вирішення низки завдань: вивчення актуальних підходів до створення 3D-графіки; встановлення особливостей та технічних обмежень для фонових елементів; визначення оптимального інструментарію роботи.

Ключові слова: фонові 3D-моделі, оптимізація, *low-poly*, мультиплатформеність, ігровий контент.

Сучасна ігрова індустрія характеризується постійним зростанням вимог до візуальної складової, зокрема до створення детального ігрового оточення. Фонові 3D-об'єкти становлять значну частину візуального наповнення локацій та безпосередньо впливають на сприйняття гравцем ігрового світу. Водночас виникає суперечність: необхідність високої деталізації декорацій вступає в конфлікт з обмеженнями апаратного забезпечення, що вимагає пошуку оптимальних рішень. Ситуація ускладнюється тим, що сучасні ігри розробляються для різноманітних платформ — від мобільних пристроїв до високопродуктивних комп'ютерів, що потребує адаптації моделей під різні технічні характеристики без втрати візуальної цілісності. Під час розробки ігор для мобільних платформ необхідно враховувати значну різницю в технічних характеристиках пристроїв. Застарілі пристрої можуть не мати достатньої обчислювальної потужності для коректної роботи сучасних ігор, тому на етапі планування проєкту розробник повинен визначити цільовий діапазон підтримуваних пристроїв.

Кожна 3D-модель складається з **полігонів** — плоских геометричних фігур (найчастіше трикутників або чотирикутників), які у сукупності формують поверхню об'єкта. [1] **Рендеринг** — це процес перетворення тривимірної моделі на двовимірне зображення для відображення на екрані. [2] Чим більше полігонів містить модель, тим детальнішою та реалістичнішою вона

виглядає, проте це значно збільшує навантаження під час рендерингу. Графічні процесори здатні обробляти лише трикутні полігони, тому всі інші форми автоматично конвертуються у трикутники перед виведенням на екран.

Найефективнішим підходом для оптимізації є створення низькополігональних моделей (Low-poly) — тривимірний об'єкт зі спрощеною геометрією, що містить значно меншу кількість полігонів порівняно з високодеталізованими моделями (High-poly). [3] Дизайнер створює об'єкти з простих геометричних форм, а додаткову деталізацію досягає за допомогою **текстур** та **шейдерів**. **Текстури** — це растрові зображення, які накладаються на поверхню 3D-моделі і визначають її кольори, матеріали та дрібні деталі (наприклад, тріщини, нерівності, патерни). [4] **Шейдери** — це програмні алгоритми, які визначають, як поверхня об'єкта взаємодіє зі світлом: відбиває, поглинає чи розсіює його, створюючи ефекти блиску, прозорості, металевості тощо. [5]

Суть підходу low-poly полягає в оптимізації геометричної структури для забезпечення високої продуктивності рендерингу на початковому етапі моделювання. Хоча програми на кшталт Blender 3D пропонують інструменти автоматичного зменшення кількості полігонів (наприклад, модифікатор Decimate), такий метод може призвести до деформації геометрії об'єкта. Тому первинне проектування моделі з оптимальною топологією є пріоритетним способом забезпечення продуктивності. Згідно з документацією Unity (2017), оптимальна кількість полігонів для мобільних пристроїв становить 300-1500 на одну модель, хоча ці показники можуть варіюватися залежно від загальної кількості об'єктів у сцені. [6]

Створення оптимізованих фонових 3D-моделей вимагає ретельного підбору програмного забезпечення, оскільки саме інструментарій визначає ефективність робочого процесу та можливості оптимізації. Сучасна ігрова індустрія характеризується наявністю різноманітного програмного забезпечення для створення тривимірної графіки, яке відрізняється як за функціональними можливостями, так і за ціновою політикою. Кожна програма має власні технічні особливості, специфічний робочий процес та рівень складності освоєння.

Для фонових об'єктів особливо важливими є наступні можливості програм: контроль кількості полігонів, інструменти автоматичної оптимізації геометрії, підтримка сучасних PBR-текстур, можливість створення LOD-моделей та експорт у формати, сумісні з ігровими движками. Вибір оптимального інструментарію залежить від множини факторів: масштабу проекту, доступного бюджету, технічних вимог до моделей, досвіду команди розробників та специфіки візуального стилю гри. Для обґрунтованого прийняття рішення необхідно провести порівняльний аналіз найпопулярніших програмних рішень, що використовуються професійними розробниками ігрового контенту, з фокусом на їхні можливості для роботи з фоновими елементами.

Програма **3ds Max** надає широкий набір вбудованих тривимірних об'єктів, що включають базові та розширені геометричні примітиви. Створення простих форм здійснюється оперативним чином через введення параметрів (довжина, висота, радіус тощо) у відповідні поля інтерфейсу. Ключовою перевагою програми є потужний функціонал для полігонального моделювання, що дозволяє точно контролювати кількість та розподіл полігонів у моделі. Система редагування сітчастої геометрії функціонує на декількох рівнях деталізації — від окремих вершин до цілих полігональних груп, що забезпечує точний контроль над складністю та оптимізацією моделей. Це особливо важливо для створення фонових об'єктів, оскільки дозволяє мінімізувати кількість полігонів без втрати візуальної якості. Додатково програма підтримує роботу зі сплайнами та кривими Безье для створення криволінійних елементів. Широкий вибір модифікаторів з налаштовуваними параметрами, включаючи інструменти для автоматичного зменшення полігонів (ProOptimizer), забезпечує гнучкість у реалізації оптимізованих геометричних рішень для ігрового середовища. [7]

Blender 3D є повнофункціональним програмним комплексом для 3D-виробництва, що охоплює створення анімацій та статичних зображень. Особливістю програми є вбудований ігровий движок, який відрізняє Blender від інших 3D програм на ринку. Інтеграція ігрового движка безпосередньо в програму дозволяє розробникам тестувати та оптимізувати моделі для ігрового середовища без необхідності експортувати їх до сторонніх движків, що спрощує процес створення та оптимізації фонових об'єктів. [8]

Програма **Blender 3D** вирізняється відкритим вихідним кодом, що забезпечує безкоштовний доступ для всіх користувачів і сприяє активному розвитку спільноти. Завдяки цьому програмне середовище постійно вдосконалюється та поповнюється великою кількістю

Proceedings of the XVIII International scientific and practical conference «Information technologies and automation– 2025»

користувачських матеріалів, плагінів і навчальних ресурсів. **Blender 3D** поєднує широкий спектр інструментів для створення тривимірного контенту, охоплюючи моделювання, анімацію, рендеринг, візуальні ефекти та композитинг. Особливою перевагою програми є підтримка процедурного моделювання, що базується на використанні стеку модифікаторів. Такий підхід дозволяє створювати складні геометричні структури без руйнування вихідної топології, зберігаючи можливість подальшого редагування. Серед інструментів моделювання варто відзначити модифікатор **Remesh**, який забезпечує автоматичну ретопологію, та **Bevel**, що дозволяє створювати згладжені краї й фаски на моделях. Завдяки універсальності та високій гнучкості **Blender 3D** ефективно застосовується як у створенні детальних об'єктів, так і при формуванні оптимізованих елементів ігрового середовища, що потребують балансу між якістю візуалізації та продуктивністю рушія. [9]

Обидві програми — **3ds Max** та **Blender** — надають широкий інструментарій для створення оптимізованих 3D-об'єктів, придатних для використання в ігровому середовищі. Їхні функції полігонального та процедурного моделювання дозволяють точно контролювати рівень деталізації, зменшувати навантаження на рушій і зберігати високу якість візуалізації. Завдяки цьому обидва середовища ефективно застосовуються для розробки фонових моделей, що відповідають вимогам продуктивності та мультиплатформеності.

Висновки

У ході дослідження встановлено, що процес створення фонових 3D-моделей для ігрового середовища потребує комплексного підходу, який поєднує художні принципи візуалізації з технічними аспектами оптимізації. Основною проблемою є баланс між якістю зображення та продуктивністю, що особливо актуально для мультиплатформених проєктів. Оптимізація геометрії моделей, використання low-poly підходу, застосування текстур та шейдерів замість надмірної деталізації дають змогу значно знизити навантаження на систему без втрати естетичної привабливості об'єктів. Вибір програмного забезпечення відіграє ключову роль у цьому процесі.

Порівняння програм **3ds Max** і **Blender 3D** показало, що обидва інструменти мають широкі можливості для створення оптимізованих 3D-моделей. **3ds Max** вирізняється розвиненим функціоналом полігонального моделювання та зручними інструментами контролю геометрії, тоді як **Blender**, завдяки відкритому коду й процедурному підходу, забезпечує більшу гнучкість і доступність. Таким чином, ефективне створення фонових 3D-моделей передбачає не лише технічну компетентність розробника, а й уміння обирати оптимальні методи й засоби відповідно до вимог платформи та цілей проєкту.

Список використаної літератури

- [1] "What is a polygon in 3D modeling?," Adobe Substance 3D. [Online]. Available: <https://www.adobe.com/products/substance3d/discover/3d-polygon-modeling.html> [Accessed: 15-Oct-2025].
- [2] "Усе, що потрібно знати про фізично коректний рендеринг," Adobe Substance 3D. [Online]. Available: <https://www.adobe.com/ua/products/substance3d/discover/pbr.html> [Accessed: 15-Oct-2025].
- [3] М. С. Наєвйи, "Комплексна тема. Оптимізація 3D моделі для ігрового рушія Unity 3D," Харків: Харків. нац. ун-т радіоелектроніки, 2023, р. 35.
- [4] "Рішення з 3D-текстурування в Adobe Substance 3D," Adobe Substance 3D. [Online]. Available: <https://www.adobe.com/ua/products/substance3d/discover/3d-texturing.html> [Accessed: 15-Oct-2025].
- [5] "What are Shaders and how do they work?," DanThree Studio. [Online]. Available: <https://www.danthree.studio/en/blog-cgi/shader-for-photorealistic-cgi-3d-visualizations-meaning> [Accessed: 15-Oct-2025].
- [6] G. Koulaxidis and S. Xinogalos, "Improving Mobile Game Performance with Basic Optimization Techniques in Unity," Modelling, p. 203, 2022.
- [7] С. Ляськовська та С. Мартин, "Основи 3D-моделювання: навчальний посібник," Львів: Вид-во ЛДУБЖД, 2022, с. 8.
- [8] A. Brito, «Blender 3D: jogos e animações interativas,» São Paulo: Novatec Editora, 2011, p. 16.
- [9] "Comparison of Maya and Blender, Which One Is the Best for You?," Pixune. [Online]. Available: <https://pixune.com/blog/maya-vs-blender/> [Accessed: 15-Oct-2025].

**Ministry of Education and Science of Ukraine
Odesa National University of Technology
Vinnytsia National Technical University
Robert Elworti Economics and Technology Institute
(Kropyvnytskyi)
P.N. Platonov Institute of Computer Engineering, Automation,
Robotics and Programming**



PROCEEDINGS

I International Scientific and Practical Conference

**«COMPUTER GAMES AND MULTIMEDIA
AS AN INNOVATIVE APPROACH
TO COMMUNICATION – 2026»**

May 21-22, 2026

ODESA

Рис. А.2. I Міжнародна науково-практична конференція «Комп'ютерні ігри і мультимедіа, як інноваційний підхід до комунікації» Одеський національний технологічний університет, 21-22 травня 2026 р.

УДК 004.921

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ ДИЗАЙНУ СТИЛІЗОВАНОГО ІГРОВОГО 3D-СЕРЕДОВИЩА

ВОЛНЯНСЬКА В.П., СЛІТЮК О.О. (veronika.volnianska@gmail.com)
Київський національний університет технологій та дизайну

Робота присвячена розробці стилізованого ігрового 3D-середовища з акцентом на технічну оптимізацію та візуальну виразність. У дослідженні розглядається підхід, що базується на використанні низькополігональної геометрії, а основна увага приділяється принципам композиційної побудови сцени за правилом третин та застосуванню дводжерельного кольорового освітлення для формування необхідної атмосфери.

341

Матеріали конференції «Комп'ютерні ігри та мультимедіа як інноваційний підхід до комунікації - 2026»

Ігрова індустрія швидко розвивається, і разом з нею зростають вимоги як до технічних аспектів, так і до зовнішнього вигляду гри. Розробники постійно шукають нові способи зробити ігровий світ переконливим і привабливим для гравця.

Попри те, що технології дозволяють створювати все більш реалістичну графіку, фотореалізм не завжди є найкращим вибором. Практика показує, що гравець може глибше відчувати атмосферу гри не через максимальну деталізацію, а через виразний художній стиль. Правильно підібрані кольори, форми та освітлення здатні передати настрій і характер ігрового світу краще, ніж висока кількість полігонів.

Саме тому сучасний дизайн ігрового середовища все частіше звертається до стилізації як до свідомого творчого рішення. Такий підхід дає змогу сформувати впізнаваний візуальний образ гри та викликати у гравця потрібну емоційну реакцію. Таким чином, емоційний відгук гравця стає важливішим критерієм якості, ніж технічні показники графіки.

Метою дослідження є розробка підходів до створення стилізованого 3D-ігрового середовища, а також дослідження способів, що дозволяють досягти виразної та атмосферної сцени з мінімальною кількістю полігонів.

В ході проведених досліджень було проаналізовано традиційний спосіб низькополігонального моделювання [1], принципи оптимізації геометрії та закономірності побудови композиції в тривимірному просторі [2, 3]. Окрему увагу приділено дослідженню психологічного впливу кольорового освітлення на формування емоційного фону 3D-сцени [4].

Під час розробки 3D-середовища, було виявлено характерну суперечність: висока деталізація моделей переважує пристрій, тоді як надмірне спрощення позбавляє сцену художньої виразності. Для визначення стильового напрямку та естетичних орієнтирів у роботі було обрано гру «Sky: Children of the Light» як візуальний референс — завдяки її характерним плавним формам і атмосферному підходу до побудови середовища.

Спираючись на результати проведеного аналізу, було розроблено ігрову сцену, яка виступає як методологічний зразок, що поєднує в собі оптимізацію та художню виразність (рис. 1).

Для створення привабливих але мінімально навантажених моделей, було прийнято рішення щодо використання методу Low Poly Modeling, що дозволяє будувати геометрію лише з необхідних полігонів, уникаючи тих, які не помітні глядачеві. Найоптимальнішим варіантом програмного забезпечення став Blender 3D — безкоштовний редактор з відкритим вихідним кодом, що містить усі необхідні інструменти для реалізації поставлених завдань. Його вбудовані інструменти Bevel та Decimate Modifier дозволяють ефективно керувати кількістю полігонів без залучення стороннього програмного забезпечення, що спрощує робочий процес і скорочує час розробки. Для кожного об'єкта було визначено мінімальну кількість полігонів, достатньої для збереження форми та впізнаваності об'єктів. Автоматичні алгоритми зменшення полігонів (Decimate Modifier) дозволяють прибрати непотрібну геометрію, хоча іноді можуть її спотворювати. Там, де автоматика не дає потрібного результату, 3D-художники застосовують ручну ретопологію: поверх детальної high-poly моделі будується новий спрощений меш, який точно повторює форму оригіналу. Але оскільки зазначена розробка не передбачає скульптинг, застосовувати ретопологію не потрібно. Для всіх об'єктів використано інструмент Bevel, який замінює гострі ребра м'якими фасками і додає плавності краям. У процесі моделювання було встановлено, що ефективніше контролювати згладженість форми вручну через Bevel, ніж покладатись на автоматичні алгоритми Decimate Modifier — оскільки автоматика не враховує художній намір і може спотворити обриси об'єкта.



Рис. 1 — Розроблена 3D-сцена

342

Однак, оптимізована геометрія є лише першою умовою якісної сцени. Навіть найкраще змодельовані об'єкти не створюють переконливого середовища без грамотної розстановки у просторі. Рішенням у даному дослідженні постає свідоме застосування класичних правил композиції для побудови сцени. Зокрема, використання правила третин дозволяє розмістити ключові об'єкти, як-от торшер у ролі домінанти та столик як смислову вісь, у вузлових точках умовної сітки. Таке розташування забезпечує найбільш природне сприйняття простору. Головні елементи виділяються за допомогою масштабування, де найвищий за розміром торшер фокусує на собі увагу, тоді як стільці та тумба виконують функцію фонового наповнення (рис. 1). Завдяки продуманому розподілу об'єктів досягається візуальна рівновага, за якої всі частини сцени залишаються композиційно збалансованими. Іншими словами, глибина простору забезпечується багатоплановістю: стільці на передньому плані, столик у середньому та тумба на задньому. Це дозволило підкреслити тривимірність навіть на статичному рендері без застосування складних ефектів. Згідно з дослідженнями у сфері візуального сприйняття, правильно побудована композиція знижує когнітивне навантаження і дозволяє гравцю швидше зчитувати простір.

Наступним важливим етапом було додавання освітлення, що є ключовим інструментом формування атмосфери. Саме воно перетворює геометрично прості об'єкти на емоційно насичене середовище. Щоб досягти «магічності» без складних шейдерів і текстур, було використано два джерела світла з різними кольоровими температурами, що взаємодіють на темному нейтральному тлі.

Окрема увага приділялась визначенню того, як кольори можуть впливати на сприйняття. Жовте тепле світло торшера символізує домашній комфорт, оптимізм і безпеку. Психологічно жовтий колір асоціюється із сонячним світлом і відчуттям тепла, а його вплив найсильніший у поєднанні з темним оточенням. Рожево-фіолетове світло від декоративної кулі додає сцені казковості та легкості — саме ті якості, що є основою стилю гри-референсу «Sky: Children of the Light». Рожевий має заспокійливий ефект і пом'якшує загальний настрій простору. Холодний синьо-сірий фон стін та підлоги підсилює обидва джерела через колірний контраст (рис. 1).

А отже, таке рішення є ефективним технічно (два point light замість складної системи освітлення) і водночас художньо, тому що відповідає низькополігональній стилістиці та повністю відтворює характерну атмосферу гри. Це підтверджує, що грамотна робота з кольорним контрастом дозволяє наповнити сцену сенсом, не вдаючись до складних графічних налаштувань.

В результаті проведеної роботи запропоновано підходи, щодо створення стилізованого 3D-ігрового середовища, які поєднують просту геометрію з інструментом Bevel, збалансовану розстановку об'єктів за правилом третин та дводжерельне кольорове освітлення. Розроблена сцена демонструє, що прості low-poly форми здатні створювати атмосферне ігрове середовище без надмірного навантаження на систему.

Практична цінність роботи полягає в тому, що запропонований підхід є відтворюваним. Він не потребує складного програмного забезпечення, дорогих ресурсів або великого досвіду, і може бути застосований при розробці 3D-сцен в обмежених технічних умовах. Це робить його актуальним як для інді-розробників, так і для навчальних проєктів у сфері 3D-моделювання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. M. M. Keleşoğlu and D. Güleç Özer, "A study on digital low poly modeling methods as an abstraction tool in design processes," *Civil Engineering and Architecture*, vol. 9, no. 7A, pp. 153–169, 2021, doi: 10.13189/cea.2021.091513.
2. 3DAS, «9 правил композиції», 3das.com.ua, 2 трав. 2026. [Онлайн]. Доступно: <https://3das.com.ua/9-pravil-kompozitsiy/>. [Дата звернення: 7 трав. 2026].
3. C. Solarski, *Gaming Art: Form, Function and Meaning*. Chris Solarski, 2012.
4. А. М. Крижка, "Психолого-педагогічні координати розвитку особистості", Зб. наук. матеріалів IV Міжнар. наук.-практ. конф., С. Д. Максименко, Н. В. Чепелєва, та В. О. Моляко, Ред. Полтава, Україна: Нац. ун-т "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка", 2023, с. 142–181.



Рис. А.3. Державна реєстрація авторського права в Україні, 12 травня 2026 р.

Продовження додатку А

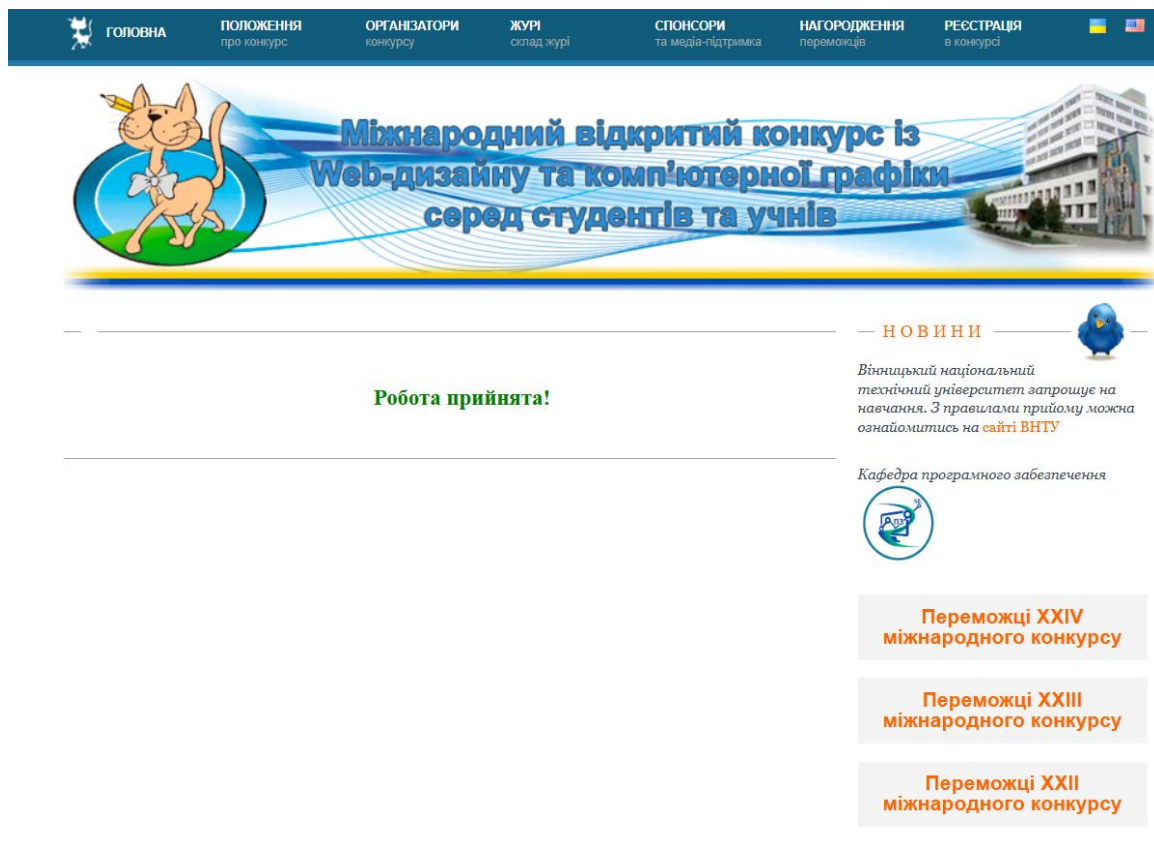


Рис. А.4. XXV Міжнародний конкурс із web-дизайну та комп'ютерної графіки, Вінницький національний технічний університет, 25 травня - 17 червня 2026 р.