

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії  
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних наук  
(повна назва кафедри)

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розробка дизайну та реалізація 3D моделей для трейлеру комп'ютерної гри "Echo of Sunset" засобами Blender

Виконав: студент IV курсу, групи СН-41

спеціальності 122 Комп'ютерні науки  
(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Озіранець В.С.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Никитюк В.В.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Шимчук Г.В.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Боднарчук І.О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Золотий Р.З.

(прізвище та ініціали)

Тернопіль  
2022

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії  
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних наук  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Боднарчук І.О.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня Бакалавр  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки  
(шифр і назва спеціальності)

Студенту Озіранцю Віталію Степанові Володимировичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка дизайну та реалізація 3D моделей для трейлеру комп'ютерної гри "Echo of Sunset" засобами Blender

Керівник роботи Никитюк Вячеслав Вячеславович, к.т.н., доцент кафедри КН  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «16» березня 2022 року № 4/7-161

2. Термін подання студентом завершеної роботи 21.06.2022р.

3. Вихідні дані до роботи Літературні та інтернет джерела щодо розробки дизайну та реалізації 3D моделей для трейлеру комп'ютерної гри.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. Розділ 1. Огляд програм для роботи з 3d графікою. Опис функціоналу Blender.

Розділ 2. Проектування та реалізація сцени для трейлеру. Розділ 3. Безпека життєдіяльності, основи хорони праці. Висновки. Перелік джерел.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Титульна сторінка. 2. Мета роботи, об'єкт та предмет дослідження.

3. Актуальність обраної теми. 4. Аналіз предметної області. 5. Огляд програмного забезпечення. 6. Етапи розробки тривимірної сцени. 7. Створення концепту. 8. Моделювання. 9. Створення матеріалів та освітлення. 10. Композитинг. 11. Висновки.



## АНОТАЦІЯ

Розробка дизайну та реалізація 3D моделей для трейлеру комп'ютерної гри “Echo of Sunset” засобами Blender // Кваліфікаційна робота освітнього рівня «Бакалавр» // Озіранець Віталій Степан Володимирович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедра комп'ютерних наук, група СН-41 // Тернопіль, 2022 // С. – 50, рис. – 20, табл. – 0, кресл. – 0, додат. – 2, бібліогр. – 30.

Ключові слова: blender, тривимірна графіка, моделювання, середньовічний стиль, рендер, анімація, текстури.

Кваліфікаційна робота присвячена створенню тривимірних моделей для трейлеру комп'ютерної гри “Echo of Sunset” для подальшої анімації з використанням Blender.

Мета роботи: розробити тривимірні моделі для подальшої анімації відповідно до вимог трейлеру, а також з урахуванням епохи та правил світу гри. Реалізувати тривимірну сцену з урахуванням можливостей Blender та рушіїв Eevee та Cycles.

В першому розділі кваліфікаційної роботи розглянуто програмне забезпечення для роботи з тривимірною графікою, а також оглянуто функціонал програми Blender. Крім того, описано основні принципи анімації, розроблені працівниками компанії Disney.

В другому розділі кваліфікаційної роботи описано вимоги до тривимірної сцени, а також розглянуто етапи розробки сцени та моделей. Зокрема, описано реалізацію об'єктів відповідно до кожного етапу з урахуванням епохи.

## ANNOTATION

Design development and implementation of 3D models for the trailer of the computer game "Echo of Sunset" by means of Blender // Qualification work of the education level "Bachelor" // Oziranets Vitaliy Stepan // Ternopil Ivan Pului National Technical University, Faculty of Computer Information Systems and Software Engineering, Computer Science Department, group CS-41 // Ternopil, 2022 // P. – 50, pic. – 20, tables – 0, chair. – 0, annexes – 2, ref – 30.

Keywords: blender, three-dimensional graphics, modeling, medieval style, render, animation, textures.

Qualification work is devoted to the creation of three-dimensional models for the trailer of the computer game "Echo of Sunset" for further animation using Blender.

The purpose of the work is to develop three-dimensional models for further animation according to the requirements of the trailer, as well as taking into account the era and rules of the game world, and implement a three-dimensional scene with Blender using both Eevee and Cycles engines.

The first section of the qualification work contains discussions about software for working with three-dimensional graphics, as well as reviews the functionality of Blender. In addition, the basic principles of animation developed by Disney staff are described.

The second section of the qualification work describes the requirements for a three-dimensional scene, as well as the stages of development of the scene and models. In addition to this, the implementation of objects is described according to each stage, taking into account era and style.

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, ОДИНИЦЬ ВИМІРЮВАНЬ І ТЕРМІНІВ

3D (від англ. three dimensional – тривимірний) – тривимірний простір.

Полігон – термін в 3D моделювання, який описує площину з N-вершинами, з'єднаними ребрами.

Карта – термін в 3D графіці, який означає проекцію конкретних даних тривимірного об'єкта на двовимірне зображення.

UV-розгортка – це відношення між координати на поверхні тривимірного об'єкта та двовимірної текстури.

Текстура або ж текстурна карта – зображення, яке накладається на поверхню тривимірного об'єкта відповідно до UV-розгортки.

Примітив (у контексті комп'ютерної графіки) – це базовий двовимірний або тривимірний об'єкт, на основі якого будується комплексні моделі.

ПЗ – програмне забезпечення.

Рендер – процес візуалізації, тобто перетворення композиції тривимірних об'єктів (сцени) у двовимірне зображення (картинку, або кілька картинок, які формують відео).

Sample – кількість шляхів для відстеження світла для кожного пікселя у візуалізації. Чим більше їх, тим візуалізація стає менш шумною і точнішою.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ПРОГРАМ ДЛЯ РОБОТИ З 3D ГРАФІКОЮ. ОПИС ФУНКЦІОНАЛУ BLENDER.....	9
1.1 Загальний огляд ПЗ для роботи з 3D графікою.....	9
1.1.1 Огляд ZBrush.....	10
1.1.2 Огляд 3Ds MAX та MAYA.....	11
1.1.3 Огляд Blender .....	12
1.2 Опис функціоналу програми Blender.....	13
1.3 Огляд доповнень для Blender .....	21
1.4 Висновок до першого розділу .....	23
РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТУВАННЯ ТА РЕАЛІЗАЦІЯ СЦЕНИ ДЛЯ ТРЕЙЛЕРУ .	24
2.1 Створення концепту та формування вимог .....	24
2.2 Створення моделей та їх оптимізація .....	26
2.3 Створення матеріалів та реалізація освітлення.....	38
2.4 Висновок до другого розділу .....	41
РОЗДІЛ 3. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ХОРОНИ ПРАЦІ ...	42
3.1 Соціальні та психологічні фактори ризику .....	42
3.2 Вплив кольору на покращення умов праці та підвищення продуктивності виробництва.....	44
3.3 Висновок до третього розділу.....	46
ВИСНОВКИ .....	47
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ.....	48
ДОДАТКИ	

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Внаслідок розвитку ІТ-сфери величезна кількість процесів почала автоматизуватися та полегшуватися, відповідно до чого відбулась розробка технологій, які могли б виконувати задачі набагато швидше. Однією з таких сфер стала тривимірна графіка, яка дозволила поглянути на галузі будівництва, інфраструктури, економіки тощо під іншим кутом, як наприклад створення макетів без потреби використання додаткових ресурсів або реалізацію художніх продуктів, які можуть надавати людям насолоду, як наприклад серіали, фільми чи навіть відеоігри. Тому розробка тривимірних моделей та створення анімацій є актуальним напрямком розвитку сучасного мистецтва та візуалізації.

**Мета і задачі дослідження.** Метою даної кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Бакалавр» є:

- Проаналізувати програмне забезпечення для розробки тривимірних моделей ZBrush, MAYA, 3Ds Max та Blender.
- Сформулювати вимоги відповідно до поставленого завдання.
- Спроекувати макет тривимірної сцени.
- Реалізувати тривимірну сцену та підготувати її до створення анімації.
- Розробити текстурні атласи для моделей тривимірної сцени.

**Практичне значення одержаних результатів.** Розроблена в ході виконання даної кваліфікаційної роботи тривимірна сцена з об'єктами, яку можна рендерити з використанням як рушія Eevee, так і Cycles. Крім того, дану сцену можна використовувати не тільки для створення трейлеру, але і як локацію в ігровому просторі, а її елементи – як частини світу. Для усієї сцени буде забезпечено кілька текстурних атласів, суть яких полягає у об'єднанні текстур в одне скупчення зображень, що при переносі моделі на будь-який ігровий рушій дозволить економити ресурси персонального комп'ютера.



## **РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ПРОГРАМ ДЛЯ РОБОТИ З 3D ГРАФІКОЮ. ОПИС ФУНКЦІОНАЛУ BLENDER**

Робота з тривимірною графікою неможлива без налагодженого інструментарію, який дозволяє дизайнеру розробляти кінцевий продукт на будь-який смак – від простих моделей для ігор чи мистецтва, до комплексних сцен з анімаціями. Кожен такий виріб вимагає конкретного рішення, як наприклад наявність інструментів скульптингу для персонажа, чи вимірювання у точності до певної кількості знаків після коми для архітектурної візуалізації тощо.

У даному розділі розглянемо загальний перелік програмного забезпечення для роботи з тривимірною графікою, поговоримо про альтернативи щодо реалізації завдання та обговоримо загальні деталі, необхідні для кращого розуміння та виконання. Окрім вище перерахованого, обґрунтуємо вибір та опишемо ключові складові програмного забезпечення Blender, а також його доповнень.

### **1.1 Загальний огляд ПЗ для роботи з 3D графікою**

Почнемо з поняття тривимірної графіки та її складових, оскільки будь-яка її галузь має конкретний інструментарій, від якого і залежить вибір програмного забезпечення [1]. Тривимірна графіка – це сукупність інструментів та рішень, призначених для обробки об'ємних об'єктів. Кожен об'єкт складається з кількох складових, які формують вже готову модель – форма та матеріал, не враховуючи зовнішні фактори, які також важливі, такі як освітлення, фізика тощо. Форма об'єкта задається різними інструментами, як наприклад моделювання через екструдинг – процес витягування точок, ребр чи граней з вже існуючих, або скульптингу, який фактично є аналогом формування з глини різних частин, як наприклад тіло людини, яке відповідає конкретній анатомії. Окрім них ще існує формування об'єкта через криві, що дозволяє робити різноманітні канати, бинти тощо. Матеріал об'єкта – це сукупність характеристик, які впливають на його

взаємодію з джерелами світла і відповідають за вигляд об'єкту. На даному етапі вже можна побачити, що для кожного роду занять може бути власний інструмент, а то й ціле програмне забезпечення, відведене тільки для виконання однієї задачі.

Розуміння даних основ дозволяє перейти до розгляду програмного забезпечення, яке необхідне для створення тривимірних об'єктів для подальшої анімації. Одразу ж відкидаємо ПЗ для створення лише фізики або для генерація об'єктів з реальних через технологію сканування фото, оскільки наше завдання – змоделювати та надати матеріали об'єктам. Завдання моделювання можна виконати з використанням Zbrush, Blender, 3Ds MAX або MAYA, коли як накладання матеріалів можна зробити не тільки в них, а ще й в Substance Painter або в Quixel Mixer.

### **1.1.1 Огляд ZBrush**

ZBrush – це програма для обробки тривимірної графіки, яка створена компанією Pixologic і відмінною особливістю якої є імітація процесу створення скульптури об'єкта, що чимось нагадує ліплення з глини [2]. Дане програмне забезпечення також використовує рушій рендеру в реальному часі, що дозволяє оцінювати зміни та фінальний результат без затрат часу і спрощує створення необхідного об'єкта, втрачаючи деякі деталі освітлення чи матеріалу. Програма дуже часто використовується для створення персонажів або певних складних об'єктів, для яких фактично необхідно створити свого роду скульптуру. До позитивної сторони можна віднести інтуїтивно-зрозумілий інтерфейс з кистями, чимось подібний на Photoshop або Krita, а також інструментарій, який на даний момент є свого роду унікальним і дозволяє швидко і якісно створювати форми будь-якого об'єкта. Окрім вище описаного, у даній програмі можна створити базовий матеріал. До мінусів віднесемо лише ціну за ліцензію, оскільки програма не позиціонує себе як універсальну, що не дозволяє критикувати її з точки зору

функціоналу, так як власне завдання, тобто ліплення з цифрової глини, вона виконує, що зробило її фактично стандартом індустрії.

Для завдання розробки архітектури дане ПЗ не підходить, а отже для виконання завдання кваліфікаційної роботи щодо створення тривимірних об'єктів для подальшої анімації також, оскільки вимагає додаткових інструментів для ретопології та немає точної шкали, а також класичного моделювання через екструдинг.

### **1.1.2 Огляд 3Ds MAX та MAYA**

3Ds Max (3D studio Max) – тривимірний графічний редактор, який надає можливість створення і редагування об'єктів, а також створення візуалізацій, розроблений компанією Autodesk [3]. Дане програмне забезпечення можна віднести до мультиінструменту, оскільки він дозволяє не тільки просте створення об'єктів, але також їх анімацію, повноцінне накладання матеріалу, розробку ригу або іншими словами – скелету. До плюсів даного програмного забезпечення можна віднести функціонал, оскільки на будь-яке завдання є розроблена дія, що дозволяє без перешкод реалізувати будь-якої складності об'єкт. До мінусів ж можна одразу додати оптимізацію даного пакету, оскільки його двигун і функцію багато років взагалі не змінювалися, а також ціну. Графічний редактор 3Ds Max не зважаючи на його проблеми залишається стандартом у сфері візуалізації інтер'єрів та архітектури будинків, а також моделей різноманітної продукції та інженерних виробів. Також може застосовуватися і як середовища створення анімації. Даний редактор дозволяє виконати завдання щодо створення тривимірних об'єктів для подальшої анімації, що робить його одним із лідерів вибору. Те ж саме можна сказати про MAYA – тривимірний редактор, розроблений тією ж компанією. Єдиним винятком можна вважати застосування даного редактора, оскільки функціонал направлений більше на анімації і візуальні ефекти, хоча моделювання теж непогано

реалізоване та дозволяє спокійно створити будь-який об'єкт або комплекс, який потім можна буде застосувати як у власних проєктах, так і виставити на продаж.

### 1.1.3 Огляд Blender

Blender – це програмне забезпечення для створення 3D графіки з відкритим вихідним кодом, при чому це повноцінний “комбайн”, який дозволяє моделювати, скульптити, створювати скелет, візуалізацію, композицію та відстеження руху (motion capture) [4]. Окрім даного функціоналу дана програма має вбудований редактор відео, а також непоганий фізичний рушій [5]. Окрім того, двигун даної програми був переписаний на новий лад, що робить дане програмне забезпечення оптимізованим при роботі з малою кількістю полігонів, коли як при великій кількості програє вище описаним редактором. Інтерфейс Blender є трохи заплутаним, хоча до нього швидко звикаєш, оскільки усе поділено за категоріями. На рисунку 1.1 зображено інтерфейс Blender.

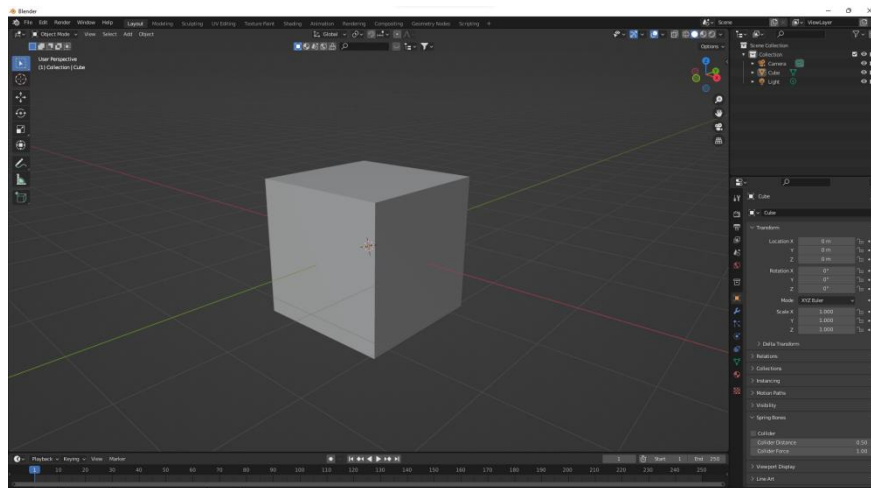


Рисунок 1.1– Інтерфейс програми Blender

Blender – це безкоштовне програмне забезпечення, яке можна модифікувати і налаштовувати під власні потреби. Даний продукт також дозволяє виконати завдання, при чому не використовувати кілька різних редакторів одночасно, а також фактор того, що ціни немає та функціонал

фактично включає в себе 3Ds Max та ZBrush у врізаному вигляді, так як відсутня величезна кількість кистей з другого та процедурне моделювання з першого. Далі піде мова про інструментарій, доповнення та методи моделювання, які буде використано при реалізації кваліфікаційної роботи з використання програмного забезпечення Blender, а потім про розробку концепту [6] та перший етап розробки – блокаут або блокінг [7].

## **1.2 Опис функціоналу програми Blender**

Поговоримо детальніше про інструментарій та можливості Blender, які необхідні для реалізації тривимірних об'єктів, представлених середньовічною таверною з кухнею, стінами міста та будинків. Для початку, поговоримо про один із основних елементів Blender – про сцену, яка виконує функцію робочого простору, при чому один проект може містити кілька таких частин, які можуть виконувати власну частину завдання, як наприклад реалізація вогню в окремій сцені тощо. У середині сцени тривимірна модель створюється, редагується, переміщується, обертається, масштабується, а також у ній відображаються зміни, пов'язані з анімацією, накладанням матеріалу та візуалізацією. Детальніше пройдемося по усім можливостям.

Моделювання у ПЗ Blender представлено через класичне, коли створюється базовий об'єкт, після чого використовуються модифікатори та інструменти вирізання та надання форми, через криві, такі як Безьє або Ньрбер, через поступове моделювання (яке дозволяє міняти параметри усього об'єкта, але лише на початку) та через скульптинг, або ж ліпку з глини. Моделювання з допомогою маніпуляцій над полігонами дозволяє слідкувати за топологією об'єкта, тим самим при накладанні матеріалів або створенні скелету персонажа не виникатимуть артефакти, які можуть наприклад з'явитися при використанні багатокутників або при некоректній деформації під час зміни пози. До моделювання ще можна віднести систему часточок та ноди геометрії. Ноди – це так би мовити листки, кожен з яких містить властивості, які впливають на

загальну геометрію об'єкта. Кожен такий нод у поєднанні з іншими у конкретному порядку формує нодове дерево, яке вкінці обробляється програмою у вигляді команд на створення та редагування об'єкту. На рисунку 1.2 представлено моделювання свічки з використанням скульптингу та обробкою через маніпуляцію з полігонами об'єкта.

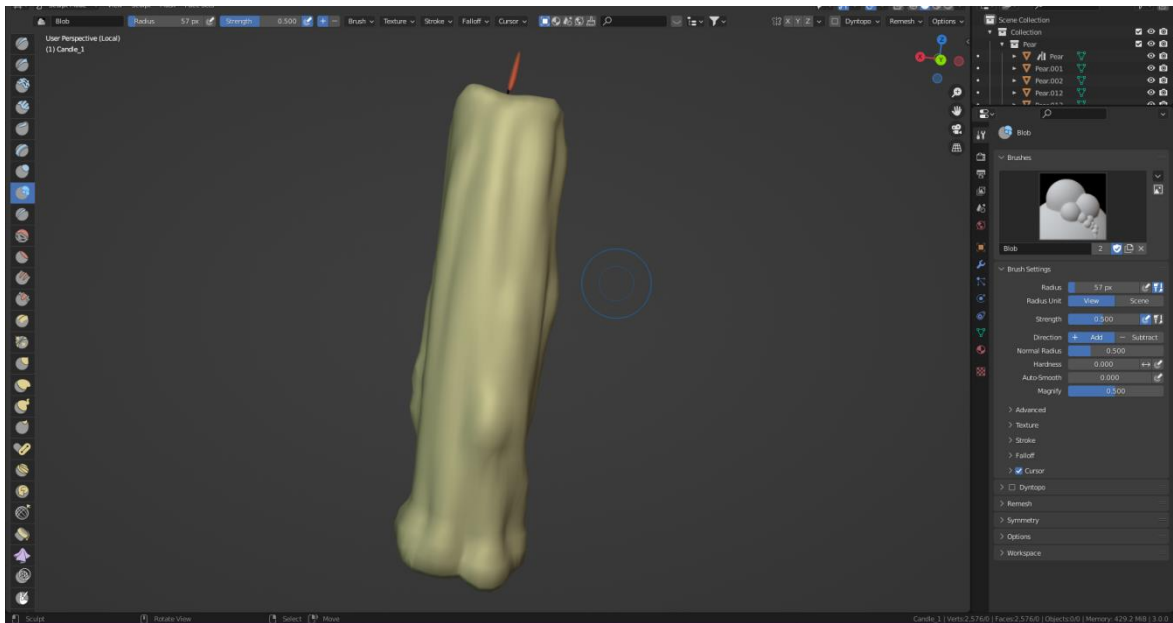


Рисунок 1.2 – Скульптинг свічки з використанням кисті Vlob

Окрім моделювання в Blender можна створювати анімації. Користувач може як контролювати певний параметр об'єкта, який просто змінювати з часом, як наприклад сила вітру чи яскравість свічки, так і створювати спеціальний механізм для керування, який називається ригом. Крім даних видів ще можна виділити залежності або обмеження (від англ. constraint), які встановлюють певні правила та дозволяють виконувати контроль одних об'єктів відносно інших, або просто накладати обмеження на зміни параметрів об'єкту. Риг у Blender представлений звичайною кісткою, яку вже можна редагувати, додаючи різні залежності, при чому можна реалізувати як інверсну, так і пряму кінематику. Окрім цього для створення анімації можна виділити окремо модифікатори, такі як Lattice, Simple Deform тощо, а також драйвера для створення впливу однієї кістки на іншу за певним правилом. Дані інструменти необхідні для зміни форми

об'єкту з часом, його положення, розмірів, або ж певних рухів, як наприклад підняття руки, кручення коліс тощо. На рисунку 1.3 зображено Graph Editor, у якому і відбувається створення анімації у вигляді послідовності кадрів.

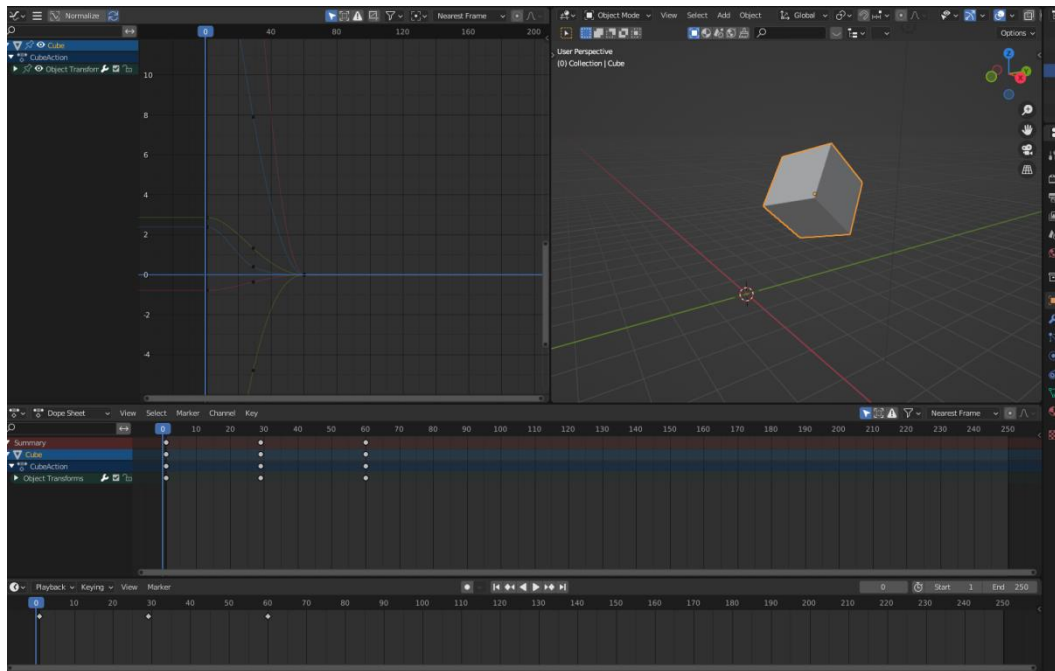


Рисунок 1.3 – Вкладка Graph Editor для редагування кадрів анімації

Розрізняють два види кадрів – ключові та проміжні. Анімація побудована на конкретних моментах, у яких фіксуються певні властивості об'єкта, або його ригу. Дані моменти називаються ключовими кадрами, при чому кожен такий кадр має сильний вплив на усю анімацію, яку краще створювати за дванадцятьма правилами, кожне з яких відповідає за надання повноцінності проекту. Проміжні кадри допомагають краще передати рухи, або навіть сформувані їх, додаючи плавності, корегуючи моменти часу тощо. Вони є невід'ємною частиною хорошої анімації, оскільки працюють разом з ключовими кадрами, формуючи повноцінну картину рухів. Отож, правила або ж принципи анімації [8], які впливають на формування кадрів, звучать наступним чином:

– Стиснення та розтягування, суть яких полягає у відповідно стисненні або розтягуванні об'єкта для надання гнучкості та ваги, при чому варто пам'ятати про збереження об'єму даного об'єкта. При ударі по волейбольному

м'ячу створюється враження стиснення у місці удару і розтягування у протилежних сторонах.

– Перед дія, що дозволяє підготувати глядача до певної дії, як наприклад перед рухом м'яча необхідно, щоб щось спричинило цей рух. Даний принцип дозволяє переконатися, а також надати певному моменту емоційне забарвлення.

– Постановка, яка відповідає за передачу ідеї глядачу через фокус на певних об'єктах, персонажах тощо, або через дії, емоції, для виокремлення чогось одного з усього ходу подій. Наприклад, рух камери по місту, після чого фокус на певних елементах життя даного міста – трафіку, розмові людей, роботі інструментів тощо.

– Поступовість або від пози до пози – принцип, який визначає процес створення анімації, тобто йти поступово, створюючи кадр за кадром, чи створити спочатку ключові кадри, а потім заповнювати простір між ними іншими кадрами. При створення анімації з використанням комп'ютера в основному використовується процес від пози до пози.

– Інерція та поступовість рухів, які намагаються створити для глядача певне відчуття достовірності, так при повороті сидячи людина спочатку задіє м'язи тазу, потім спини, далі поверне голову, а вже тоді перемістить руки. Інерція у свою чергу вказує на слабкий зв'язок між різними частинами тіла, як наприклад при контакті з рукою м'язи ноги відреагують на неї і згенерують власну дію.

– Сповільнення руху на початку та вкінці, яке вказує на те, що при виконанні певної дії рух не завжди є одноманітним. Наприклад, якщо зробити замах рукою, то спочатку він буде повільним, потім прискориться, досягне свого максимуму швидкості і під кінець почне сповільнюватися через супротив вітру тощо.

– Рух по дугам – принцип, оснований на реальному житті, де будь які рухи відбуваються за дугою, будь-то рух руки, м'яча тощо. Виключенням можна вважати об'єкти, які в реальності рухаються по прямій, як наприклад механізми.

– Другорядна подія, суть якого полягає у виконанні дії на фоні, яка б не відволікала глядача від основної події, а доповнювала загальну картину і



додавала живості постановці. Наприклад, поки головний герой йде кудись на фоні можуть розмовляти люди тощо.

– Темп анімації є принципом, який говорить сам за себе і використовується для зміни ходу анімації. Наприклад, якщо кинути баскетбольний м'яч з певної висоти, то він спочатку буде спускатися повільніше, а далі прискорювати власний темп. Також використовується для передачі характеру дії або персонажа.

– Перебільшення, суть якого полягає у зміні масштабів рухів, роблячи їх химерними, при чому масштаби мають відповідати певному рівню протягом усієї анімації. Даний принцип може ігноруватися при створенні реалістичних рухів, але може застосовуватися у вираженні емоцій, підсилюючи їх.

– Враження, що відповідає за те, як той чи інший елемент представлений у анімації. Наприклад, характер персонажу, його вигляд, дії – все це повинне підкріплювати його харизму, зробити так, щоб він відбився у пам'яті глядача.

– Суцільний малюнок, який означає використання правил малюнку, тобто розуміння аніматором художніх принципів, таких як перспектива, маса, анатомія, тіні, освітлення тощо. Завдяки розумінню даного принципу у глядача не виникатиме відчуття кривизни анімації, коли наприклад пір'їна падає так само швидко, як рояль.

Анімація тривимірного об'єкту йде завжди після того, як модель повністю готова, тобто коли завершено процес моделювання з врахуванням відповідної топології, створено скелет, а також матеріал. Створення матеріалу може відрізнятися від об'єкту до об'єкту, але є певна закономірність, оскільки будь-який матеріал можна розбити за декількома параметрами. Даний процес можна назвати текстурованням, хоча розробка матеріалу вимагає не тільки використання текстур, але й використання правильного набору шейдерів і розгортку об'єкту. Основними моментами у матеріалі об'єкту [9] можна виділити:

– Базовий колір (Diffuse/Color Base Map), яка відповідає за набір та розташування кольорів на об'єкті. Від простого монотонного кольору до повноцінних картин і карт.

– Параметр металевості (Metalness Map), який відповідає, які саме частини об'єкту є металевими, а які – неметалевими. Наприклад, меч має металеве лезо та гарду, але дерев'яну або тканинну обмотку.

– Шорсткість об'єкту (Roughness Map), яка робить ділянки поверхні об'єкту більш нерівномірними. Таким чином, матеріал дерева матиме дуже шорстку поверхню, коли як вода навпаки, майже рівну.

– Карта відблисків (Specular Map), яка відповідає за яскраві частини поверхні (відблиск). За допомогою неї можна підкреслити чистоту того чи іншого об'єкту або його поверхні, як наприклад новий металевий чайник, який дає відблиск світла при попаданні променів сонця.

– Карта пропускання світла (Transmission Map), яка в основному відповідає за здатність об'єкта заломлювати світло. Використовується для води, скла тощо.

– Карта прозорості (Alpha Map), яка відповідає за прозорість об'єкту та його частин. Дана карта також може використовуватися для зменшення використання ресурсів. Як приклад, щоб створити листок можна або повторити його форму, або використати просто чотирикутник, на якому використовується карта прозорості, яка приховає частину без листка.

– Карта підповерхневого розсіювання (Subsurface scattering map), що дозволяє об'єкту розсіювати світло на своїй поверхні. Якщо посвітити ліхтариком на руку, то можна побачити як частина шкіра набуває насиченого червоного кольору, тобто шкіра розсіює яскраве світло.

– Карта нормалей (Normal Map) [10], яка дозволяє з використанням текстури надавати об'єм об'єкту шляхом запікання тіней та світла, що дозволяє створити ілюзію 3D. Це фактично Bump Map, яка має більшу точністю використовуючи три канали текстури, а не один.

– Карта вигинів/зміщення (Displacement Map) [10], яка дозволяє надати об'єкту об'єм, використовуючи при цьому реальну топологію і задаючи її висоти.

– Карта висот (Bump Map) [10], яка також дозволяє створювати ілюзію об'єму об'єкта, начебто змінюючи форму. Вона змінює віртуальне розташування пікселя, тобто створює неіснуючу геометрію, тим самим змінюючи нормалі об'єкта, що впливає на освітленість та затінення.

Також є карта зсувів пікселів, але вона не використовується в Blender і є практично картою зміщень за винятком того, що карта зміщень впливає на пряму на топологію, коли як зсувів – лише на пікселі.

Усе це є основні параметри матеріалу об'єкту, яким необхідно вирішити ще одну проблему – як саме їм розміститися на об'єкті, так як без правильного розташування майже будь-який матеріал виглядатиме як розтягнути на поверхні місиво. Щоб уникнути цього існує система розгортання двовимірної текстури на тривимірний об'єкт – UV розгортка, де UV – це система двовимірних координат, аналогічна XY [11].

Для того, щоб правильно накласти матеріал з текстурами, необхідно використати механізм швів/розрізів, тобто спробувати уявити собі тривимірний об'єкт, розподілений на двовимірному просторі, при чому приховати місця швів. Це особливо актуально при розробці власних текстур, коли краще спочатку зробити розгортку, а потім малювати на ній. Перед створенням розгортки потрібно ще застосувати зміни об'єкту (розмір, розташування тощо), про це Blender повідомляє одразу як спробувати створити розгортку. Самі ж шви представляють собою червоні лінії, які накладаються на ребра. Кожна така лінія є лінією збігу, тобто текстура у ній з двох сторін розходиться. Правильність розгортки об'єкта можна перевірити, наклавши на об'єкт спеціальну текстуру у вигляді сітки, яку можна як завантажити, так і створити у самому середовищі Blender. Базова розгортка простого куба зображена на рисунку 1.4.

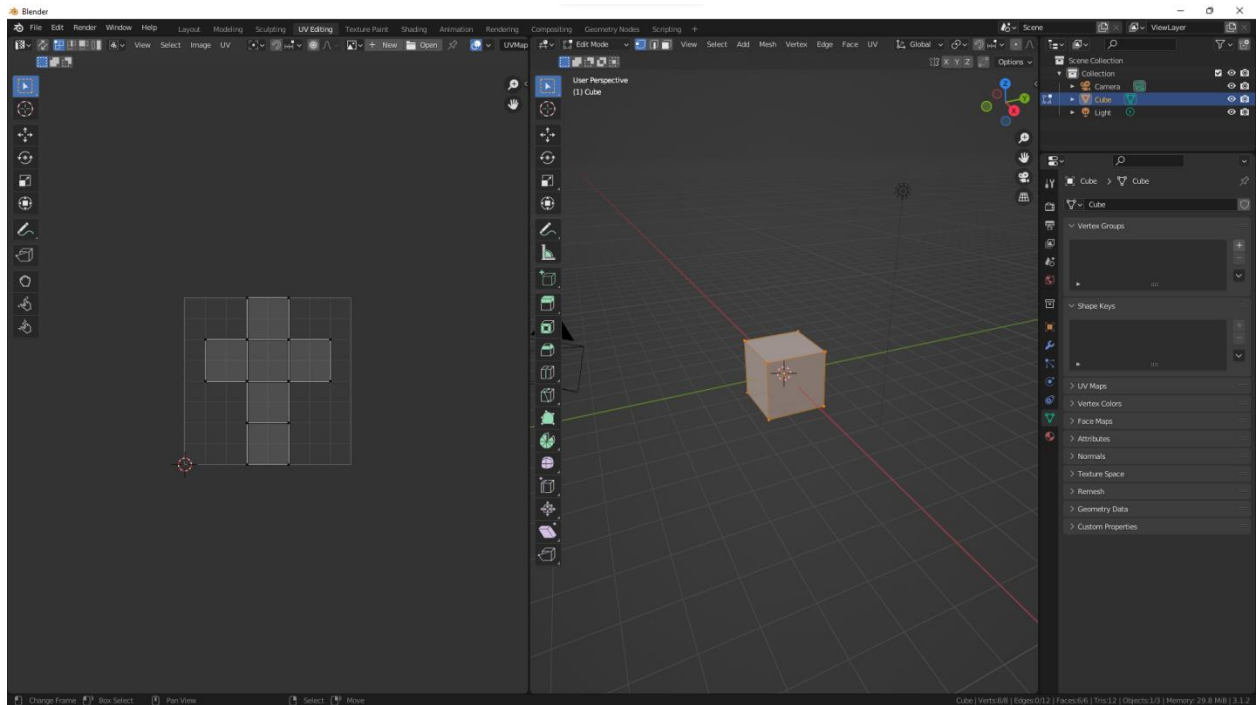


Рисунок 1.4 – UV розгортка об'єкту Cube

Для створення текстур, які потім формують матеріал, можна використати процедурну генерацію [12] або ж власноруч намалювати [13] їх та налаштувати. Процедурна генерація дозволяє створювати багато природних матеріалів, таких як дерево, земля, каміння тощо. З іншого боку, малювання текстур дозволяє зробити щось стилізованим, або навіть реалістичним, як наприклад шкіра людини чи певні фрагменти на одязі, після чого можна налаштувати параметри матеріалу під дані текстури. Окрім малювання текстур можна виділити ще повноцінне малювання, яке реалізоване в Blender, що дозволяє комбінувати різноманітну графіку як наприклад у грі *Borderlands*.

Окрім вище вказаних функцій потрібно ще поговорити про композитинг [14], який також є представлений у Blender. Його функціонал відповідає за пост-обробку сцени, як наприклад додавання різноманітних ефектів, таких як розмиття (blur), сонячні промені (sun shafts) тощо. Крім того, доступна зміна гамми та кольорової палітри або їх корегування, та багато інших функцій. На рисунку 1.5 наведено приклад малювання текстури шкіри обличчя персонажа.

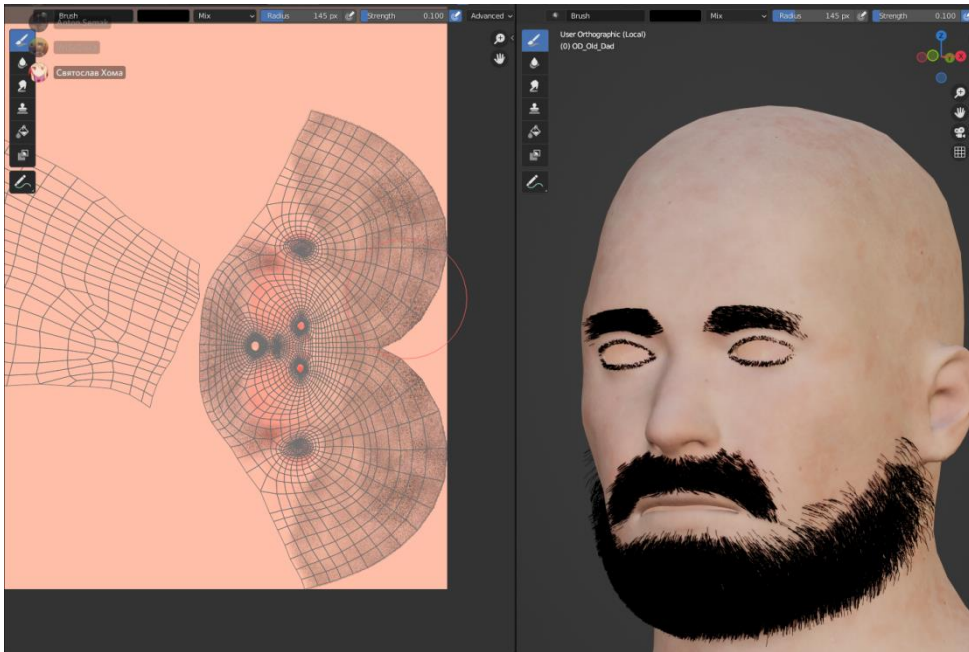


Рисунок 1.5 – Текстура шкіри

У Blender є ще базовий функціонал відеоредактору, що дозволить створювати, редагувати відео, як, наприклад, проводити налаштування кольору, прискорення або уповільнення, або навіть додавання ефектів. На базі усього описаного функціоналу можна зробити висновок, що Blender є мультиінструментом, хоч і основним його напрямком є робота з об'єктами.

### 1.3 Огляд доповнень для Blender

Базовий функціонал Blender дозволяє реалізувати будь-який об'єкт, затративши при цьому певну кількість часу, не кажучи вже про комплексне налаштування усієї сцени. Тому для скорочення затрат часу, а також для того, щоб працювати над певним конкретним аспектом створюються доповнення як розробниками, так і користувачами. Доповнення – це програмне забезпечення, яке покращує або додає функціонал до основної програми. Так, наприклад, можна створити стіни будівлі вручну, або ж використати вбудоване доповнення Archimesh, яке дозволяє як генерувати стіни, так і додавати вікна, двері тощо, або ж брати готові моделі з певних бібліотек, як наприклад Blender kit. На рисунку 1.6 зображено доповнення Blender kit online asset Library.

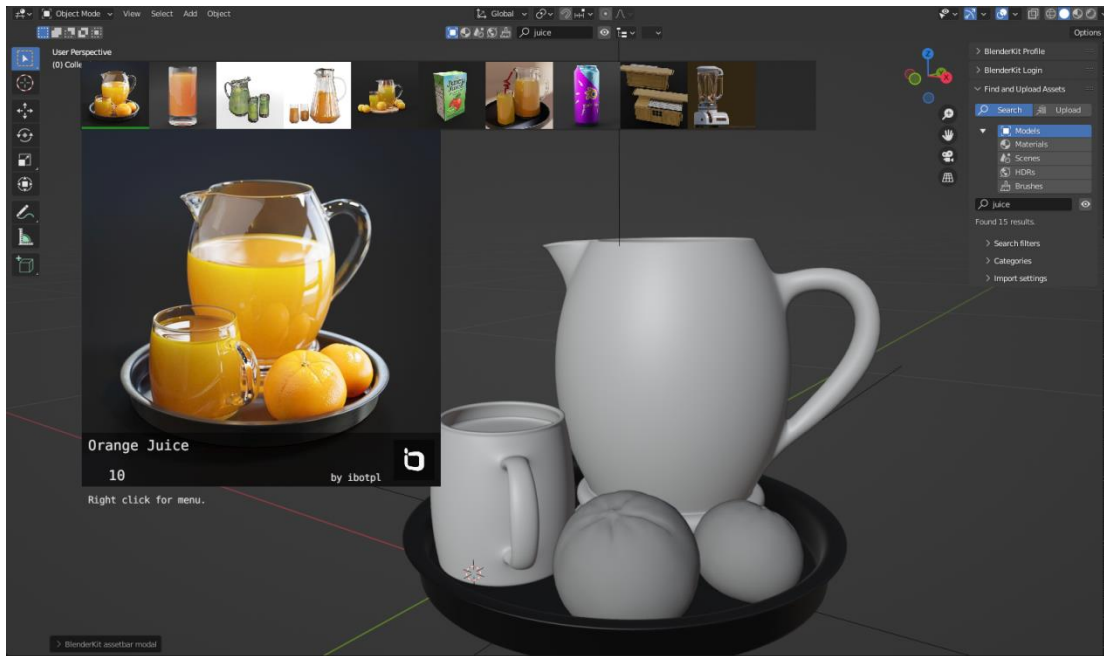


Рисунок 1.6 – Бібліотека з готовими моделями та текстурами Blender Kit

Для розробки таверни можна виділити наступні доповнення та їх функціонал:

- Blender kit online asset library [15], який підключає до Blender бібліотеку з готовими моделями з сайту Blender Kit. Також, дане доповнення дозволяє підбирати матеріали, що дозволяє одразу ж накласти матеріал на об'єкт з допомогою перетягування. Частина моделей є безкоштовними, частина через підписку.

- MeasureIt [16], функціонал якого дозволяє використовувати інструменти вимірювання, наприклад від точки до точки тощо. Завдяки йому можна налаштувати усе під реальні розміри світу, що дозволить зроби усе, що відбувається у сцені, правдоподібним.

- Tri-Lightning, що створює світло у вигляді трьох точок навколо певного центру, при чому можна регулювати висоту, силу, розташування та колір кожної такої точки.

- LoopTools, завдяки якому додається ціла панель редагування вершин, яка дозволяє створювати круг з кількох вершин, поєднувати вершини між собою.

– NodeWrangler, який робить легшою взаємодію з нодами і дозволяє як переглядати окремо кожну текстуру на об'єкті, так і додавати кілька нодів одночасно відповідно до їх специфікації.

– F2, який виконує функціонал автоматичного заповнення певної області з вершинами.

– Archimesh, що дозволяє автоматизувати процес створення каркасу будинку, або ж зробити швидке розташування об'єктів (блокінг) для подальшої модернізації та моделювання.

У наступному розділі буде описана практична реалізація завдання кваліфікаційної роботи.

#### **1.4 Висновок до першого розділу**

В першому розділі кваліфікаційної роботи розглянуто програмне забезпечення для обробки тривимірної графіки, серед якого для виконання кваліфікаційної роботи вибрано Blender. Дане програмне забезпечення дозволяє виконувати як базові маніпуляції над тривимірним об'єктом, так і працювати в режимі двовимірного анімаційного редактора або як базовий відеоредактор. Для того, щоб реалізувати завдання також було оглянуто доцільність використання доповнень, які буде застосовано для того, щоб пришвидшити роботу, а також використати вже готові об'єкти, що дозволить сфокусуватися на деяких основних цілях та моментах усієї сцени. Крім того, було проведено аналіз усіх правил анімації, завдяки яким можна в подальшому зрозуміти правильне розташування об'єктів, а також налаштування освітлення.

## РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТУВАННЯ ТА РЕАЛІЗАЦІЯ СЦЕНИ ДЛЯ ТРЕЙЛЕРУ

### 2.1 Створення концепту та формування вимог

Незалежно від завдання тривимірний проект складається з кількох етапів, кожен з яких відповідає за той чи інший елемент фінальної сцени. Самим першим етапом можна виділити концептуалізацію, простими словами створення прототипу, використовуючи референси [17] або ж іншими словами зображення, пов'язані із темою тривимірного продукту. Фактично, це є умовне розташування, планування та уявлення кінцевого результату сформувавши конкретне бачення. На рисунку 2.1 зображено етап концептуалізації таверни.

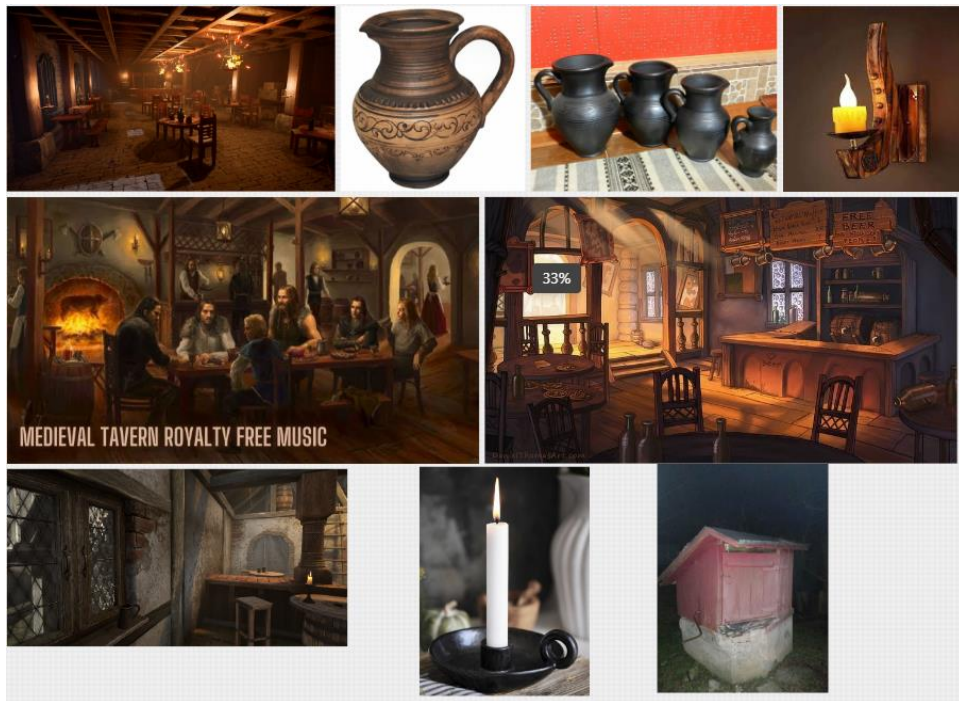


Рисунок 2.1 – Референси на тему таверни

Ідея даної реалізації таверни полягає у дефіциті багатьох ресурсів, а також у тому, що це єдине місце у всьому містечку для відпочинку, відповідно до чого можна зробити висновок, що воно як мінімум повинне бути або дуже широким, або мати додаткові поверхи. Крім того, усе має бути функціональним, а також розташованим у логічному порядку, наприклад вхід у підвал не повинен бути



доступний для кожного, скринька з грішми доступна лише голові закладу тощо. Відповідно до даного етапу виділимо конкретні вимоги, відповідно до яких буде створено подальші моделі:

– Будівля повинна містити мінімум два поверхи, при чому підвал, якщо такий і робити, то не використовувати його під місце для клієнтів. Також, будівля повинна відповідати середньовічній епосі, причому з урахуванням стилю побудови. Відповідно, поверхи підкріплюються дерев'яними балками, а сама будівля міститиме два поверхи з підвалом, у якому зберігаються різноманітні запаси.

– Будівля розташована у місті з населенням до п'яти чоловік, при чому це єдиний заклад і у нього заходять не дуже багато відвідувачів через те, що місто потребує, щоб кожен його мешканець працював на благо, а не просто відпочивав, інакше йому не вижити. Тому кількість столиків прийнята шість штук.

– У місті дефіцит усіх ресурсів, а отже конструкція повинна містити лише відновлювальні матеріали, або ті, кількість яких є достатньою для забезпечення міста і для майбутнього використання. Також через дефіцит їжа використовується тільки та, що найшвидше виростає і не вимагає дуже багато затрат на неї, наприклад яблука, грушки, морква, картопля, капуста ростуть більш менш швидко, і до того ж деякі з них дають додаткові ресурси, такі як деревина. Виноград, з іншого боку, має меншу харчову цінність і вимагає більше часу на догляд. Таверна ж буде побудована з пласту, який легко добувається, та дерева, яке є відновлювальним ресурсом. Деякі об'єкти використовуватимуть метал, але мінімально, а також різні мотузки.

– Усе повинно буде функціональним, наприклад дошка з оголошеннями є нераціональною, оскільки це є дорогоцінне використання паперу, який не вміють переробляти у новий папір. Відповідно, дану дошку потрібно або не використовувати, або знайти їй заміну, як наприклад дошка з крейдою. Тому простір таверни максимально заповнений, пусті прогалини повинні лиш бути при вході та біля столиків, щоб люди могли сісти за них або стояти біля них.

– Освітлення повинне відображати епоху, відповідно основним джерелом світла вдень є сонце, а вночі свічки, зроблені з бджолиного воску, так як це не суперечить попереднім пунктам. Механізм тримання свічки буде зроблено так, щоб його можна як тримати у руці, так і поставити на стіл, або ж прикріпити на балку.

Кожен з вище вказаних факторів необхідно врахувати перед початком роботи над усіма іншими етапами, у іншому випадку це може привести до постійних перероблень та сповільнити увесь процес створення, а той зробити увесь проект недоцільним, через що необхідно буде майже з самого початку робити вже новий проект. Тепер, коли усі основні моменти обговорено можна переходити до моделювання та його етапів.

## **2.2 Створення моделей та їх оптимізація**

Моделювання складається з фактично трьох основних етапів, першим серед яких можна виділити блокінг, або ж початкове моделювання, яке виражає великі деталі та загальний вигляд сцени. На даному етапі уся сцена представлена у вигляді примітивів або низькополігональних моделей, при чому без матеріалів і з базовим освітленням, щоб можна було дивитися на сцену (це допоможе вже на початку зрозуміти розташування об'єктів освітлення). Примітиви в даному випадку можна редагувати для надання базової форми, після чого розташувати його без врахування точних розмірів тощо. Джерело освітлення можна поставити як просто по центру сцени, так і там, де воно необхідне, наприклад денне світло з вікна або від свічок, чи навіть зірок, якщо час виставити як ніч. Усе це не тільки впливає на розуміння концепції, а й на відчуття, які хоче передати сцена відповідно до задумки. Тому для початку розташуємо величезний куб, який відповідати за саму таверну, і вже в ньому почнемо розташовувати фігури або комбінації фігур, які будуть нагадувати різноманітні об'єкти будівлі, такі як балки, столи, стільці, сходи тощо. Джерело освітлення поставимо поза вікнами, а свічки для денної пори погасимо, залишивши лише воскову основу та гніт.

Столики розташуємо відповідно так, щоб вони не пересікали балки, між ними був досить таки широкий прохід і щоб вони не стояли дуже близько біля важливих логічних об'єктів, оскільки неправильно буде поставити стіл прямо перед стійкою або дверима. Саму стійку, за якою стоїть і працює бармен або ж голова закладу, розташуємо одразу біля кухні та загородимо, щоб доступ до неї мали тільки кухар та сам голова. Вхід у підвальне приміщення потрібно розташувати одразу біля входу на кухню і також огородити, при чому вхід у підвал закрити міцними дверима. Сходи на наступний поверх краще всього виглядав у кадрі у протилежному куті до спуску в підвал. Під сходами влаштовано місце зберігання пустих коробок, мішків тощо. У додатку А подано креслення таверни. На рисунку 2.2 зображено блокінг усієї таверни.

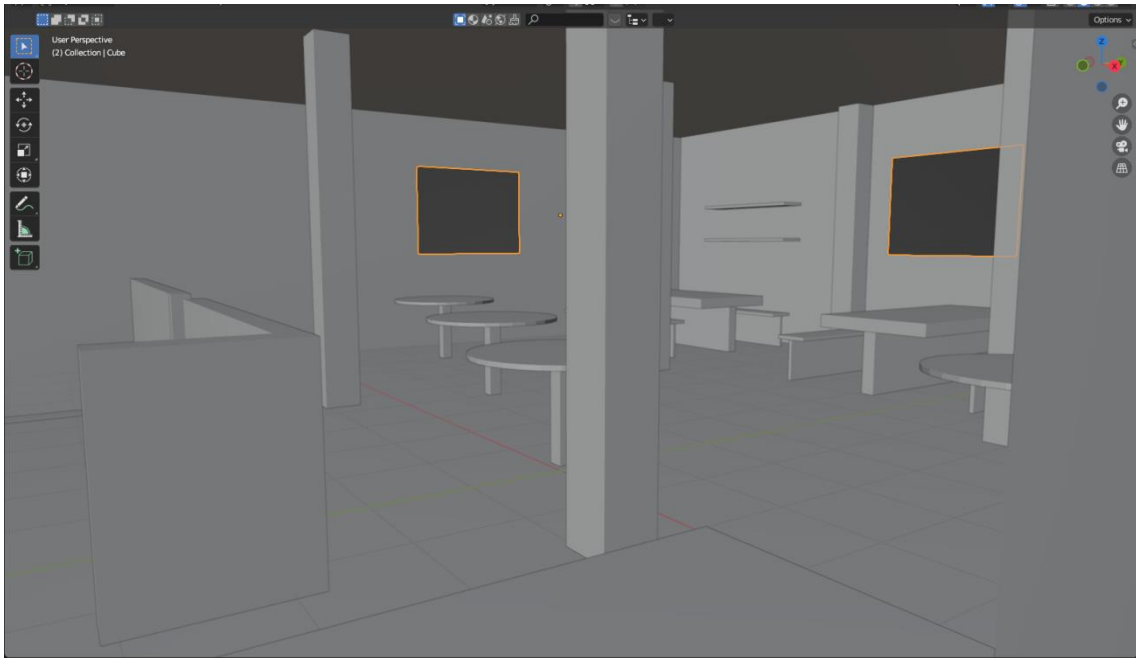


Рисунок 2.2 – Результат етапу блокіngu таверни

Відповідно виділимо місце розташування камери, яким буде вхід в таверну, оскільки звідти можна побачити усю таверну, що дозволяє максимально ознайомитися з нею. Балки розташовано у вигляді сітки для підтримки як стін, так і стелі, яка також є основою для другого поверху. Отвори під вікна розташуємо спереду таверни, збоку та позаду, що дозволить економити віск під

час дня майже у всьому приміщенні. Тепер налаштуємо базове світло, яке розташуємо одразу ж за вікнами, але напрямленими у одну сторону, що дозволить симулювати промені сонця. На рисунку 2.3 зображено етап блокування з освітленням.



Рисунок 2.3 – Етап блокування таверни з базовим освітленням

Дане освітлення реалізовано з використанням двох важливих технологій – Nishita Sky та простих об'єктів освітлення, в даному випадку об'єкти типу Area. Перша технологія створює глобальне загальне освітлення, яке в природі є сонцем із іншими зорями. Воно є фоновими і освітлює в основному лише загальну картину. Основними джерелами світла зараз є Area, які і задають напрямок світла, яке поступає у вікна. Це можна побачити при аналізі підлоги, на якій є як легке біле світло від глобального, так і потужніше від Area. Кожен об'єкт типу Area має потужність у 10W, сила загального освітлення рівна одиниці. Рушій, що використовувався для обробки освітлення – Cycles, оскільки він має вбудований Global Illumination [18], або ж освітлення у просторі. Дане освітлення можна побачити при виставленні гладкого об'єкту і біля нього кольорового освітлення.

Крім того, що сам об'єкт буде освітлений певним кольором, так ще й від нього буде відбиватися потік світла і фарбувати інші об'єкти. Різницю між рушіями Eevee та Cycles можна побачити на [рисунок 2.4](#).

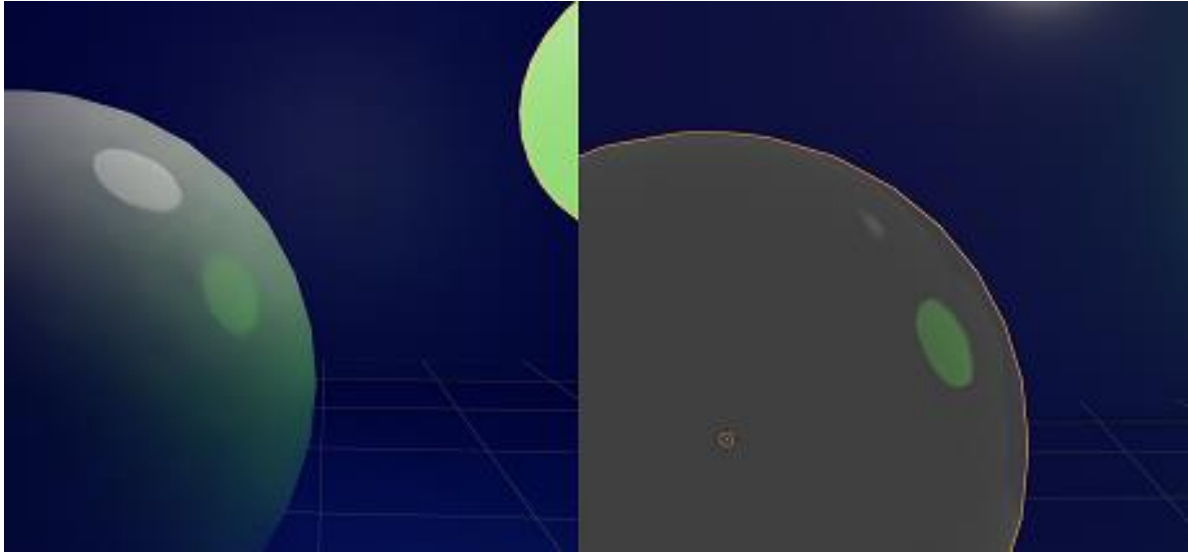


Рисунок 2.4 – Освітлення з використанням рушіїв Cycles та Eevee

Як можна побачити на даному рисунку, на першій половині зображення добре видно не тільки, що Cycles має краще відображення одних об'єктів на інших, але й те, що на сіру сферу світло попадає і від синіх стін, що і є ефектом від Global Illumination, коли як Eevee позбавлений такої можливості. З іншої сторони рушій Cycles вимагає поступового рендеру, коли як Eevee працює в реальному часі і не вимагає кожного разу оновлюватися [19].

Після етапу блокіну наступає етап повного моделювання, тобто вже повноцінно йде створення усіх об'єктів, додавання вже готових і врахування точності, при чому знаходячись в рамках розумного, оскільки будь-яку модель можна покращувати до нескінченності, і наприклад надкушене яблуко може займати сто тисяч полігонів. Почнемо з простих об'єктів – столиків, стін, підлоги, балок та стільчиків. Столиків є два типи – круглий з стільцями навколо та прямокутний з лавочками біля довших сторін. Для першого столу створимо спочатку круглу основу, яка являє собою набір деревини, обмеженої іншої деревиною. Сам столик стоятиме на чотирьох ніжках. Отож, створимо об'єкт

типу Коло, який спочатку видавимо всередину, а потім вверх, після чого робимо кути гладкими з використанням модифікатора Фаска. Тепер створюємо основу столу всередині, для чого беремо куб, робимо його плоским і повторюємо форму дошки. Далі крайні точки кожної дошки рухаємо доти, доки вони не доторкнуться до круглого обручу, який вже створено. Також даємо Фаску, але тільки зверху, оскільки низ не буде видно і це буде більш раціональне використання ресурсів. Останнім треба додати ніжки, які представляють собою просто куби, видовжені вгору і з накладеною Фаскою, та цвяхи, які представляють собою звичайний циліндр, який зверху є розширеним, а знизу витягнутим. На рисунку 2.5 зображено результат виконання даних операцій.

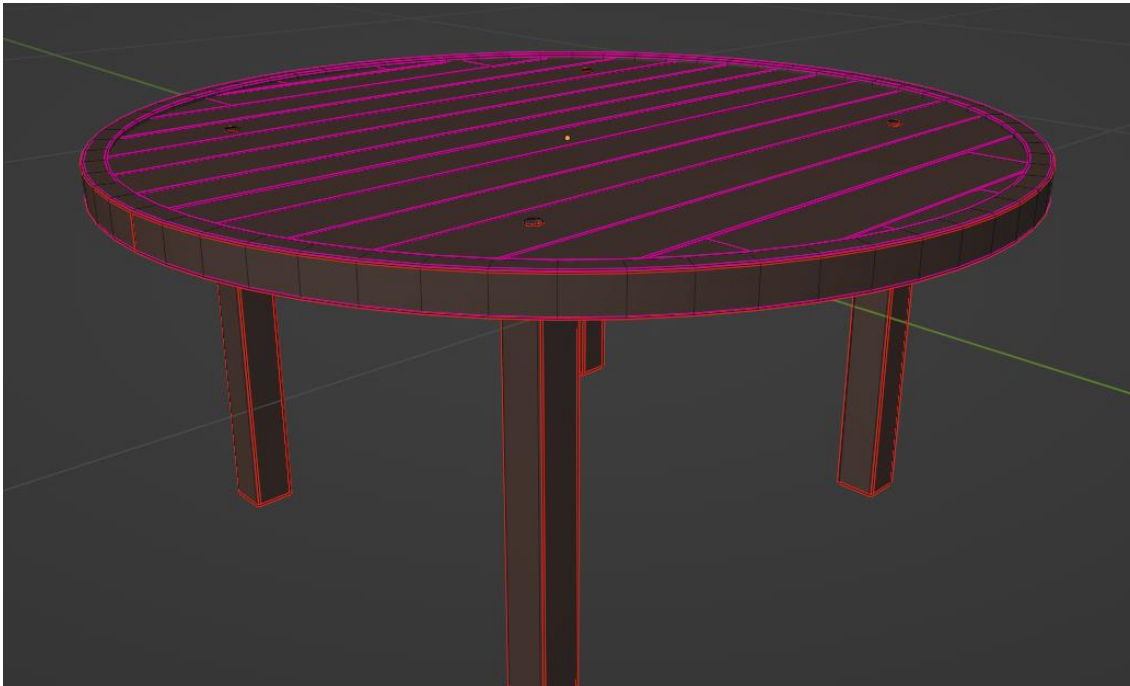


Рисунок 2.5 – Результат моделювання круглого столику

Про прямокутний столик можна сказати те саме, оскільки він також є набором дошок з чотирма ніжками та цвяхами. Лавочки робляться аналогічним чином, оскільки це фактично чотири паралелепіпеда. Тому перейдемо одразу ж до стін, балок та підлоги. Підлога являє собою набір дошок, у деяких місцях якої є місця під балки. Моделювати кожну дошку окремо буде величезною втратою часу, тому спочатку створимо один ряд дошок. Далі до створеного об'єкта

додаємо модифікатор Ряд, суть якого полягає у створенні точної копії об'єкта у певному напрямку у заданій користувачем кількості. Перед тим як застосувати даний модифікатор додаємо також фаску, але лише зверху об'єкта, оскільки низ неможливо буде побачити. Зі стінами та балками ситуація схожа, тільки замість модифікатора Ряд використаємо просте копіювання балки, а стіни зробимо єдиним монолітним об'єктом за винятком кухні, підвалу та другого поверху, оскільки у них буде власна підлога та стіни. Балки для кухні, підвалу та другого поверху непотрібні, оскільки користувач також не бачитиме їх. На рисунку 2.6 зображено реалізацію балок разом з підлогою та стелею.

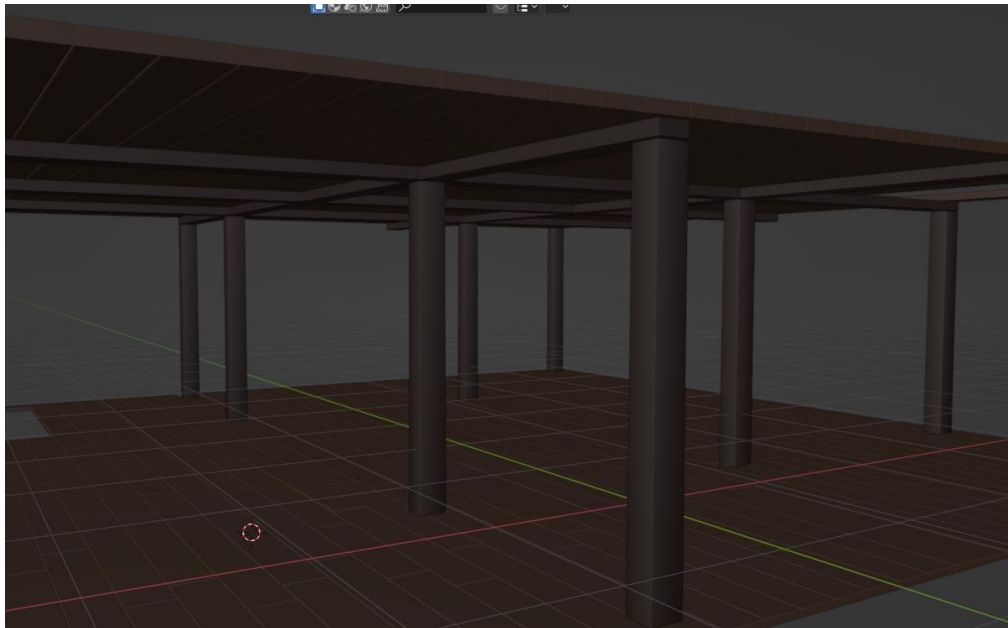


Рисунок 2.6 – Реалізація тривимірних моделей підлоги, стелі та балок

Отож, стіни являють собою куб, у якому вирізали середину, а самі стінки зробили ширшими. Крім того, у самих стінах створимо вирізи під вікна та двері. Підлога у свою чергу є набором дошок, які після застосування модифікатора змінені вручну, щоб додати ефект реалістичності, оскільки дивно виглядала б підлога, у якої усі частини однакового розміру. Балки у свою чергу повинні забезпечити конструкції стійкість, а також мати правильне розташування, оскільки розташування тільки по кутах таверни не забезпечить повноцінної стійкості. Крім того, необхідно додати зверху горизонтальні балки, які

тримають на собі увесь другий поверх разом із стінами. Горизонтальні балки у свою чергу стоять на вертикальних, при чому кожна балка повинна мати фаску, окрім тих, що не буде видно. Крім балок, біля кожної стіни виставимо невеличкі опори знизу і зверху, які також відіграватимуть декоративну роль. Стелю таверни, як і кухні, беремо як обернену підлогу, тим самим складеться враження, ніби це різні об'єкти. Хоча насправді вони будуть однаковими. Для другого поверху робимо ще додаткові дві балки під сходи, щоб тримати їх, а також копіюємо стіни, прибираючи модифікатори вирізання Boolean. На рисунку 2.7 зображено змодельовані стіни з отворами, підлогу, стелю, спуск та балки, які являють собою прості паралелепіпеди і з сіткою зверху.



Рисунок 2.7 – Каркас усієї таверни

Стелю другого поверху в свою чергу робимо аналогічно до стелі першого за винятком того, що тепер немає необхідності повертати або якимось чином видозмінювати об'єкт. Не забуваємо і про ще один простий об'єкт, а саме про спуск від входних дверей, оскільки таверна частково занурена в землю. Даний спуск складається з основи, що в свою чергу представлена дошками, та сходів, які є дошками, закріпленими у дерев'яних тримачах.



Перейдемо до трохи складніших об'єктів, а саме до сходів та самого столу керівника таверни, з поличками біля нього і невеличкою тумбочкою. Стійка керівника вже є складним об'єктом, що включає кілька об'єктів одночасно. З використанням методу декомпозиції розбиваємо її на декілька основних частин – огороження, яке представляє собою монолітний столик з дощочок з дверцятами для входу, а також огорожею біля підвалу, і шафа, яка у свою чергу розбивається на полички та на тумбочку. Почнемо з огороження, яке вимагає створення кількох кубів, які потім перетворимо у дошки з використанням видавлювання. Далі розташуємо кілька дошок вертикально, які формуватимуть стіни, та кілька горизонтально, що формують стіл. На рисунку 2.8 зображено реалізацію даного огороження.



Рисунок 2.8 – Огороження барної стійки

У деяких місцях залишаємо проміжки під барні двері, які мають вигляд простого паралелепіпеда на шарнірі з і ще одним паралелепіпедом зверху, який також на шарнірі. Верхня частина відкривається шляхом підняття вгору, коли як нижня – вперед. Петлі, які тримають двері, представляють собою циліндр із зовнішніми циліндрами, які прикріплені до основи бару, відповідно до чого на верхні двері працює гравітація, яка притискає їх до столику і утримує, не торкаючись нижньої. Шафу створюємо з використанням доповнення Archimesh,

а саме додаємо для початку тумбочку знизу, що позначається словом Cabinet, яка буде опорою для кількох об'єктів, а також кілька полицок, одна з яких міститиме кружки, інша приправи тощо. Кружки зробимо двох типів:

- У вигляді мініатюрної версії бочки, обмотаної за принципом кошика.
- З обпеченої глини разом із орнаментами на ній.

У свою чергу, приправи, тарілки, сухі трави, бочки тощо візьмемо з доповнення Blender Kit або створимо власноруч, і розташуємо їх на створених нами полицках та біля самого столику (барна стійка). На рисунку 2.9 зображено Каркас таверни з готовим кутком голови закладу.



Рисунок 2.9 – Каркас разом із стійкою

Сходи до підвалу представляють собою комбінацію кубів, один з яких тонший і нагадує сходинку, коли як другий є його основою. Для сходів на другий поверх усе простіше, оскільки там є дві основні балки, напрямлені під гострим кутом до другого поверху, при чому з рубцями під сходинки, які є просто плоскими паралелепіпедами.

Щодо усіх інших об'єктів, то вони створюються аналогічно, тобто береться куб, далі перехід у режим редагування, в якому виконуємо видавлювання геометрії, маніпуляції з вершинами, ребрами та гранями. Наприклад візьмемо

вікно, яке складається із зовнішньої рамки, внутрішньої рамки, ручок та скла. Розіб'ємо кожен даний елемент на логічну послідовність дій. Почнемо з зовнішньої рамки, для якої створимо куб. Додаємо два додаткових ребра, кожне з яких є рівновіддаленим від центру куба. Переходимо на верхню грань куба і витягуємо дві новоутворенні менші грані вверх до певної висоти. Коли закінчимо витягувати, видаляємо верхні грані і ставимо центр об'єкту у місце колишніх граней. Вибираємо модифікатор Дзеркало і вибираємо координату, відповідно до якої необхідно створити копію об'єкту. На рисунку 2.10 зображена логічна послідовність створення зовнішньої рамки.

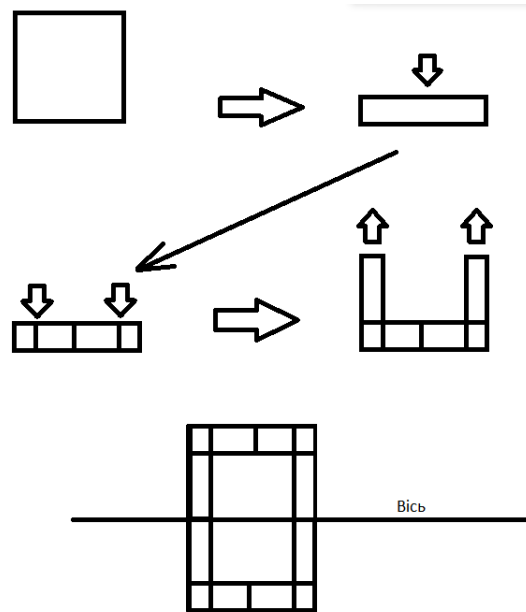


Рисунок 2.10 – Послідовність створення зовнішньої рамки вікна

Внутрішня рамка робиться так само за винятком того, що вона є меншою і знаходиться всередині зовнішньої рамки. Тепер перейдемо до скла, яке представлятиме собою оточене дерев'яним декором скло. Дерев'яний декор створюємо у вигляді ромбиків, які з використанням модифікатора Ряд копіюємо, заповнюючи увесь внутрішній простір рамки. Для підтримки декору додаємо декілька видовжених циліндрів. Коли буде готова вся основа, додаємо ручку вікна, яка представлена циліндром з розширеною стороною з одного боку і

звуженою з іншого. На рисунку 2.11 можна побачити послідовність створення декору вікна та ручки.

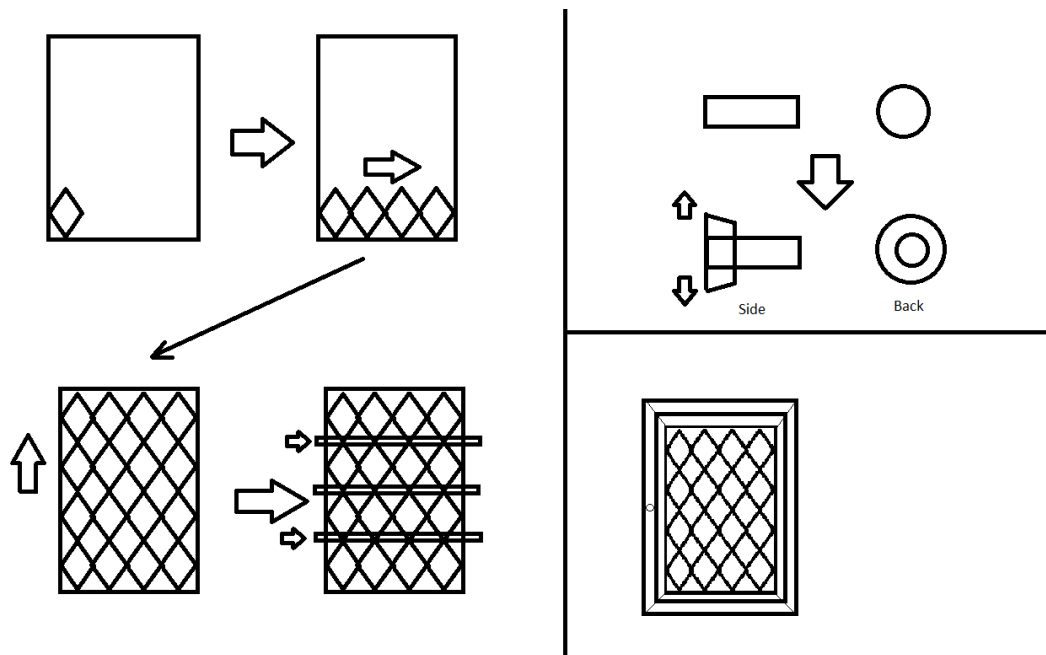


Рисунок 2.11 – Послідовність створення дерев'яного декору з ручкою

З використанням ще одного модифікатора Дзеркало робимо копію частини вікна та відображаємо його відносно осі X. Далі поступово застосовуємо модифікатори (в порядку їх накладання). До отриманого об'єкту додаємо планку знизу, після чого об'єднуємо їх у один єдиний об'єкт, для якого використовуватимемо пустий об'єкт, представлений у вигляді осей (три лінії, точка перетину яких лежить у центрі кожної прямої). Після цього, додаємо і ще один пустий об'єкт, але на цей раз у формі паралелепіпеда, який застосуємо для вирізання отвору для вікна у стіні з використанням модифікатору Boolean. Щоб надати паралелепіпеду об'єм, що буде повторювати вікно, застосуємо прив'язку, налаштовану на вершини. З її використанням беремо кути даного паралелепіпеда і з зажатою клавішею CTRL вибираємо крайні точки вікна. На рисунку 2.12 зображено вікно, встановлене у будівлі.

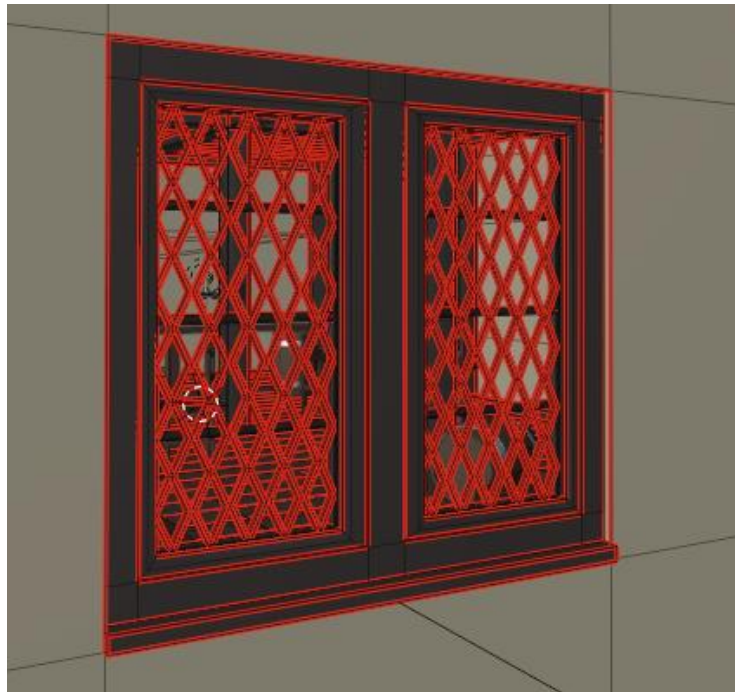


Рисунок 2.11 – Послідовність створення дерев'яного декору з ручкою

Реалізувавши та розмістивши усі об'єкти на місцях можна завершувати етап поглибленого моделювання і переходити до оптимізації, суть якої полягає у правильному розподіленні ресурсів, а також застосуванні усіх модифікаторів. Для початку, застосуємо усі модифікатори, які могли залишитися на моделях, для чого вибираємо у навігаційній панелі пошукове поле та записуємо туди слово *Modifiers*. Таким чином, отримуємо об'єкти, що використовують хоча б один модифікатор, після чого по черзі застосовуємо їх, пам'ятаючи те саме правило, що і для вікон, а саме застосування модифікаторів у порядку їх додавання, простішими словами з кінця на початок.

Етап правильного розподілення можна описати як видалення усього, що є лишнім або не дає об'єкту ніякої цінності, тобто не задає форму, не є важливою складовою топології. Цей етап включає:

- Видалення вершин, ребр, та граней, що ніяк не впливають на вигляд об'єкта.
- Зміну топології з використанням методів повороту та збільшення полігонів.

Для спрощення топології, що дозволяє використовувати менше ресурсів комп'ютера [20], ознайомимося з методами повороту та оптимального збільшення полігонів [21]. На рисунку 2.12 зображено дані методи у вигляді практичного застосування.

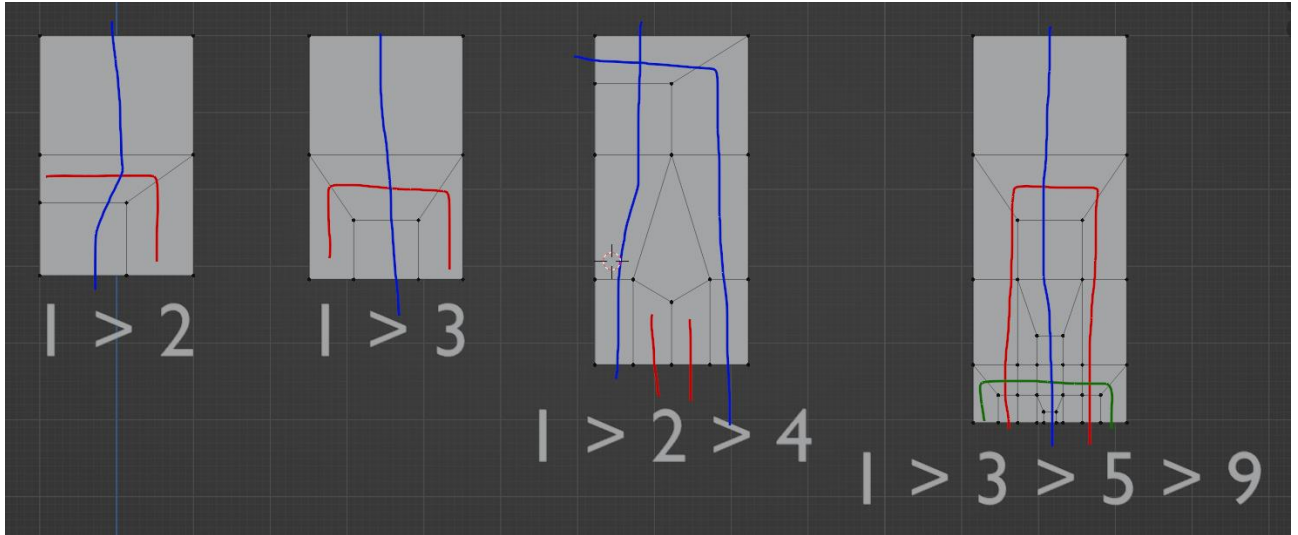


Рисунок 2.12 – Методи створення оптимальної топології

Таким чином топологія складається з квадратів, що дозволяє комфортно працювати з нею і в будь-який момент провести триангуляцію для подальшого використання у інших програмах.

### 2.3 Створення матеріалів та реалізація освітлення

На даному етапі необхідно налаштувати матеріали спочатку для кожного об'єкту, після чого створити три текстурних атласи і запекти основні текстури, після чого налаштувати освітлення під Cycles та Eevee. Текстури для кожного об'єкту візьмемо безкоштовні із сайтів PolyHaven та AmbientCG. Кожен матеріал містить певний набір текстур, а саме Difuse та Normal [22], і додаткові – Roughness, Metalness тощо.

Для початку створюємо на вкладці з матеріалами новий матеріал, при чому один об'єкт може мати кілька матеріалів на початку. Далі вибираємо, яка

геометрія використовує той чи інший матеріал (наприклад, дошки діжки мають матеріал дерева, коли як кільця діжки – металеві). Далі, у вкладці шейдеру можна побачити сирий матеріал, який складається лише із проміжного ноду та ноду виходу. Всього є три види нодів – вхід, проміжний, вихід. Перший відповідає за надання інформація про об’єкт, його розгортку, атрибути тощо. Далі ідуть проміжні ноди, які і формують основний шейдер, який задає весь вигляд об’єкта і фактично представляє собою шар обробки. Вихідний шар конвертує отриманий шейдер у матеріал. На рисунку 2.13 зображено накладений матеріал на маленьку діжку.

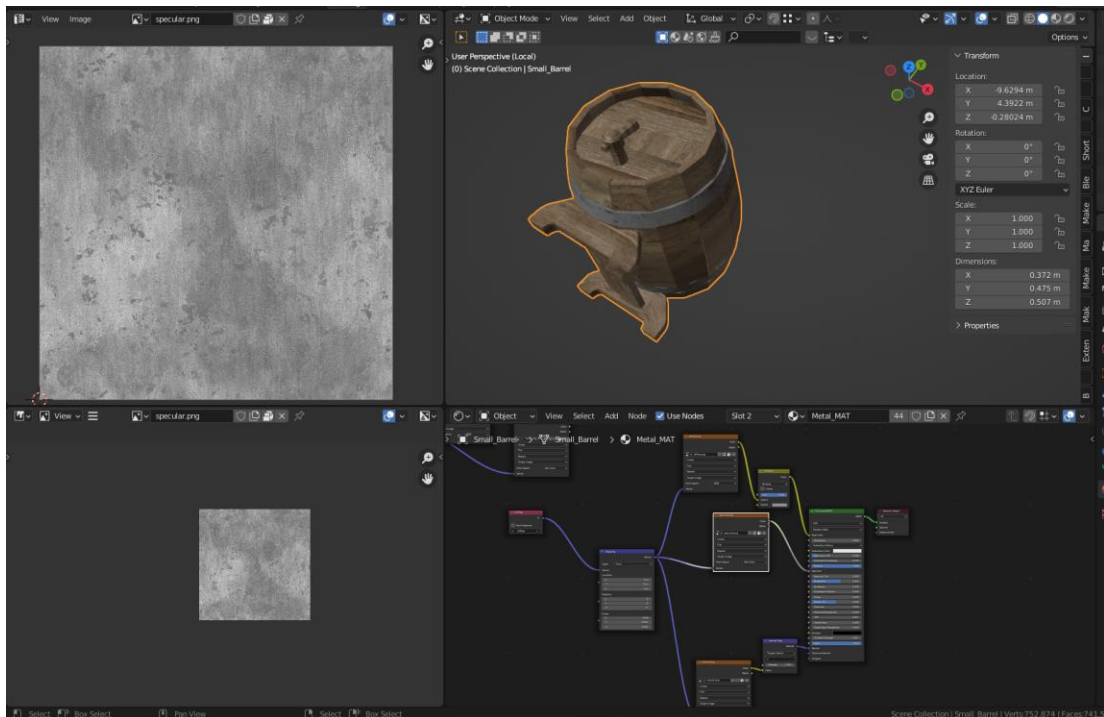


Рисунок 2.13 – Матеріал маленької діжки

На вхід подається розгортка даного об’єкта, яка проходить через нод накладання (масштабування), який задає усім текстурам місце накладання. Колір складається з двох різних параметрів, для чого застосовується колірні маска, яка дозволяє зроби потемніння на дереві. У самому низу подано Normal Map, яка накладає невеличкі порізи на матеріал об’єкта. Далі йде шейдер, який є універсальним для звичайних об’єктів і містить параметри матеріалу, такі як

шорсткість, відблиски, метал або неметал тощо. Аналогічно робляться усі матеріали за винятком того, що десь текстур є більше, десь менше.

Далі проводиться запікання усіх текстур і створення атласів, які є збірниками текстур для кількох об'єктів, що дуже корисно при експортуванні або використанні ігрових рушіїв. Для цього об'єкти збирають у групу та об'єднують у один єдиний об'єкт, після чого робиться загальна розгортка, яка слугуватиме для атласу як розміщення. Розгортка повинна бути додатковою, а не замінити вже існуючу, інакше матеріал правильно не запечеться на атлас [23]. Застосовуємо параметри об'єкта і розпочинаємо запікання, після чого замість кількох матеріалів для групи об'єктів використовується лише один лиш матеріал.

Коли усі атласи запеклися, можна переходити до останнього етапу – розташування освітлення і візуалізації. Для початку, проаналізуємо розташування джерел світла, а саме які об'єкти його видають. Глобальне освітлення в Cycles реалізуємо з використанням сонячної текстури Nishita, а для Eevee встановимо HDRI текстуру, що симулюватиме зовнішнє середовище. Внутрішнє освітлення залежить від пори дня, том для дня використаємо освітлення свічок, рівне 0, а для ночі рівне в 50-80 W відповідно до реального освітлення свічки (в даному випадку будівля є в масштабі 0.6 до 1, то відповідно трохи менші значення). Для Cycles налаштуємо Nishita, для чого виставимо Сонце так, щоб воно світило з боку дверей, тобто на перед усієї таверни, а на інші вікна поставимо ще два об'єкта, які представляють собою Spot, з радіусом, який є в межах вікна. Всередині таверни даємо ще кілька легких білих точкових джерел освітлення, які дадуть як трохи реалістичний, так і артистичний ефект сцені. Після цього виставляємо параметри рендеру, а саме кількість sample, кольорову гамму, яка є Very High Contrast, Filmic, якість кожного елементу освітлення, тобто кількість відбиттів для кожного типу матеріалу, будь-то Diffuse, Glossy, тощо [24]. На рисунку 2.14 зображено рендер сцени з використанням рушія Cycles.





Рисунок 2.14 – Фінальний рендер з використанням рушія Cycles

Для сцени можна застосувати будь-який рушій із зміною лише параметрів освітлення, при чому даний проект можна експортувати в програми для створення ігор, таких як Unity [25], тощо. У додатку Б подано рендер з іншого ракурсу.

#### **2.4 Висновок до другого розділу**

В другому розділі кваліфікаційної роботи створено концепт середньовічної таверни, на основі якого проведено перший етап реалізації сцени – блокінг. Під час нього сконструйовано перший макет таверни з примітивів, кожен з яких відповідав за певний великий елемент сцени, що є частиною загального моделювання, яке виділяє великі, проміжні та мілкі деталі. Після блокауту описано повноцінне моделювання сцени з тривимірними об'єктами, а також їх оптимізацію з використанням класичних методів перетворення топології та геометрії. Вкінці, створено матеріали для кожного об'єкту, а також проведено їх запікання для подальшого експорту.

## РОЗДІЛ 3. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

### 3.1 Соціальні та психологічні фактори ризику

Суспільство – це утворені в процесі ходу історії прояви спільної діяльності людей, що характеризуються певним типом відносин між людьми. Результатом цих взаємовідносин є унікальне середовище, яка може впливати на інших людей, що не належать до певної групи соціуму. Розглянемо поняття соціальних небезпек або ризиків. Соціальними небезпеками називають такий підвид загроз, що розповсюджуються в суспільстві і загрожує існуванню та здоров'ю людей [26]. Особливість соціальних небезпек полягає в загрозі великій кількості людей, а розповсюдження зумовлено особливостями поведінки людей. Одним з типів таких поведінок є конфлікт, що представляє собою зіткнення двох чи декількох різноспрямованих сил з метою реалізації їх інтересів. Загалом конфлікти можна поділити на:

- політичні, коли конфліктують політичні системи.
- соціальні, коли протистоять соціальні системи.
- економічні, коли стикаються інтереси економічних систем.

Соціальний конфлікт, що набуває значного розмаху, а саме якщо він зачіпає міжнародні, класові, міжетнічні, міжнаціональні, релігійні, демографічні та інші відносини, перетворюється у соціально-політичний. Суб'єктами соціально-політичного конфлікту є люди, які усвідомлюють створений конфлікт, і які обрали рішенням боротьбу, суперництво. Подібний спосіб вирішення в основному стає неминучим як тільки зачіпає інтереси кількох взаємодіючих груп, коли має місце відверте зазіхання на ресурси, вплив, територію з боку індивіда, групи, держави.

Після завершення конфлікту настає новий етап – постконфліктний синдром, суть якого полягає збереженні напружених відносин між сторонами, які перебували в конфліктній ситуації. У разі загострення відносин між даними сторонами може стартувати новий конфлікт. Це можна побачити на прикладі

конфліктів у Північній Ірландії, Іспанії, Югославії, Чечні та інших країнах. Дане загострення може перерости у один із найжахливіших видів конфлікту – війну.

Війна – це збройна боротьба між державами, коаліціями держав, або певними соціальними, етнічними та іншими спільнотами. Фактично, війна представляє собою останній ступінь політичної боротьби, або так званих ворожих відносин між політичними силами. Війна тягне за собою використання різного типу озброєння, будь-то ядерна, хімічна, біологічна. Найбільшу потенційну небезпеку для усього людства та природного середовища становить ядерна зброя, результати використання якої можна побачити на прикладі Херосіми та Нагасакі в Японії.

Крім війни не менш жахливим видом конфліктної ситуації є тероризм, що представляє собою форму політичного екстремізму, застосування найжорсткіших методів насилля, включаючи фізичне знищення людей для досягнення певних цілей.

Розглянемо соціальні види конфліктів, а саме об'єкти, які певні чином впливають на соціум в цілому. Для початку, поговоримо про алкоголь та його вплив на здоров'я. Алкоголь – висококалорійний продукт, швидко забезпечує енергетичні потреби організму, а пиві і сухих виноградних винах до того ж є цілий набір вітамінів та ароматичних речовин. Чим саме приваблює алкоголь? Він збуджує, підбадьорює, піднімає настрій, змінює самопочуття, робить бесіду більш жвавішою. Проблема його тому, що він затуманює свідомість, через що людина здатна на жахливі вчинки, які також можуть створювати конфліктні ситуації.

Крім алкоголю виділяється ще наркотична залежність, будь-то вживання небезпечних речовин чи куріння. Тютюнопаління – одна з основних причин передчасної смерті, яку можна запобігти, оскільки нікотин – одна з найсильніших рослинних отрут, яка є основною складовою частиною тютюнового диму. Отруйність нікотину відчув кожний, хто взяв у рот першу в житті цигарку або сигарету. Поступово організм пристосовується до нікотину і

куріння не викликає неприємних відчуттів, хоча отруєння організму триває. Тепер перейдемо до природно-соціальних небезпек.

До природно-соціальних небезпек належать: епідемії інфекційних захворювань, венеричні захворювання, СНІД, наркоманія. Епідемія – це масове розповсюдження інфекційного захворювання людини в будь-якій місцевості, країні, яке суттєво перевищує загальний рівень захворюваності. У свою чергу, соціальні хвороби – це захворювання людини, виникнення і розповсюдження яких пов'язано з несприятливими соціально-економічними умовами (венеричні захворювання, туберкульоз).

Туберкульоз – це різноманітне за своїми проявами інфекційне захворювання. Туберкульозна паличка (паличка Коху) може викликати ураження не тільки органів дихання (легень, бронхів, гортані), але й кишечника, сечостатевого органів, наднирників, шкіри, кісток, суглобів, головного мозку, але у більшості випадків (80–90 %) спостерігається ураження легень.

СНІД – синдром набутого імунodefіциту. Основним об'єктом нападу ВІЛ є різновид Т-лімфоцитів. Катастрофічне зменшення цих клітин відразу ж відбивається на роботі імунної системи. Стрімко наростає потік пошкоджень. Дефіцит імунітету росте, і організм уже не в змозі протистояти натискові вірусів, бактерій та інших мікроорганізмів. Тому що на їх поверхні знаходяться особливі білкові молекули-рецептори CD 4, що, як ключ до замка, підходять до білків вірусної оболонки.

### **3.2 Вплив кольору на покращення умов праці та підвищення продуктивності виробництва**

На виробництві колір використовується як засіб інформації та орієнтації, а також як фактор психологічного комфорту. Насамперед, колір впливає на працездатність людини, на її настрій, на втому, орієнтування або реакцію [27]. Наприклад, холодні кольори (блакитний, зелений, фіолетовий) діють заспокійливо на людину, зменшуючи стрес, але разом з тим знижують

продуктивність, коли як теплі кольори (червоний, оранжевий, жовтий) діють збудливо, викликають певне відчуття занепокоєння та квапливості.

Крім того, є ще внутрішній поділ кольорів на темні та світлі тони. Темні кольори більш гнітюче діють на психіку, подавляючи настрій, коли як світлі стимулюють хороший настрій. При виборі кольору або ж колірному оформленні виробничих приміщень потрібно керуватися вказівками з раціональної колірної обробки поверхонь виробничих приміщень і технологічного обладнання. Для цього існують спеціальні документи, які є державними стандартами.

Вибір кольору характеризується декількома параметрами, а саме колірною гамою, колірним контрастом, кількістю кольору і коефіцієнтами відображення. Колірна гамма представляє собою сукупність кольорів, прийнята для колірного рішення інтер'єру. Вона буває теплою, холодною і нейтральною. Для ливарних, ковальських, термічних цехів доцільна холодна кольорова гама. Крім гами важливо також контролювати контраст.

Колірний контраст – це міра відмінності кольорів відповідно до яскравості і колірного тону. Він може бути великим, середнім і малим. Краще всього дотримуватися середнього контрасту, так як це забезпечує менше навантаження на очі і також дозволяє чітко орієнтуватися.

Кількість кольору – це ступінь колірного відчуття, що залежить від колірного тону, насиченості кольору об'єкта і фону. При виборі колірного рішення інтер'єрів потрібно враховувати категорію роботи, її точність, санітарно-гігієнічні умови. Значна роль в інтер'єрі також належить вибору коефіцієнтів відбиття поверхонь. Стелі приміщень фарбуються в білий колір або близькі до білого кольору. Нижня частина стін забарвлюється в спокійні тони (світло-зелений, світло-синій). Металорізальні верстати забарвлюються в світло-зелений колір, ливарне обладнання в бежевий, термічне в сріблястий, транспортні механізми в зелений. Ергономіка та дизайн формуються відповідно до ДСТУ 3899-2013 [28].

Також до кольорового оформлення відносяться і знаки, які оформлюються відповідно до ДСТУ 3864-1:2005 [29] та ДСТУ 7010:2019 [30].

Відповідно до них червоний колір використовується для попередження про явну небезпеку, заборону, коли як жовтий попереджає про небезпеку, звертає увагу, зелений колір означає безпеку, синій – інформацію.

### **3.3 Висновок до третього розділу**

В третьому розділі кваліфікаційної роботи розглянуто питання соціальних та психологічних факторів ризику, а також впливу кольору на покращення умов праці. Кожен ризик несе із собою певну небезпеку, пов'язану із взаємодією між людиною та соціумом. На основі цих зв'язків створено класифікацію факторів ризиків та небезпек. Для деяких небезпек визначено стадії, на основі яких можна зробити висновки про те, як запобігти ризикам та небезпекам. Також проведений аналіз постконфліктного синдрому, що часто зустрічається у суспільстві, визначено шкідливі захворювання і залежності, які прямо впливають на ризики і небезпеки для здоров'я і життя людини. Крім того, подано їхню класифікацію і поради по запобіганню залежності, як наприклад не вживати алкоголь та наркотичні речовини, такі як нікотин, що виділяється під час куріння тютюнових сигарет.

Колір є важливою частиною, яка впливає на психологічний стан людини, на його орієнтацію та самопочуття на підприємстві чи просто на робочому місці. Вибір колірного оформлення виробничих приміщень залежить від багатьох факторів, які впливають на продуктивність роботи, а саме навантажень, температурного режиму, розмірів та дизайну приміщення. Розглянуті у роботі приклади вибору оформлення робочого приміщення підвищать загальну продуктивність усіх працівників, а також допоможуть правильно орієнтуватись. Описане в третьому розділі враховано при розробці дизайну та реалізації 3D моделей для комп'ютерної гри.

## ВИСНОВКИ

Для розробки тривимірних моделей необхідне було спеціалізоване програмне забезпечення, яке у даній роботі представлено Blender, а також знання етапів та їх налаштування під дану роботу, кожен з яких мав визначений результат, що чимось схоже на розробку програмного забезпечення.

В першому розділі кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Бакалавр»:

- Подано інформацію про програмне забезпечення Blender, ZBrush, 3DsMax та MAYA для роботи з тривимірною графікою, про спеціалізацію кожної програми, завдяки чому Blender найкраще підійшов для розробки тривимірних моделей для подальшого створення анімації.

- Розглянуто можливості програмного забезпечення Blender, а також описано його функціонал з урахування завдання та вимог до нього.

- Висвітлено як основні переваги, так і недоліки програм Blender, MAYA, ZBrush та 3DsMax, основними серед яких можна виділити факт безкоштовності та широкого інструментарію.

- Проаналізовано доцільність використання доповнень для Blender та описано функціонал кожного з них, так як вони дозволяють заощадити час та спростити усю роботу.

В другому розділі кваліфікаційної роботи:

- Розроблено тривимірну сцену середньовічної таверни для подальшого створення трейлеру на базі готової локації.

- Запропоновано використання рушія Eevee при показі сцени у реальному часі, та рушія Cycles при створенні фінальних рендерів. Показано різницю між даними рушіями.

- Описано поетапне створення тривимірної сцени.

У розділі «Безпека життєдіяльності, основи хорони праці» розглянуто вплив кольору на продуктивність працівника, а також висвітлено проблему виникнення соціальних та психологічних ризиків, а також небезпек як їх наслідків.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ

1. Найкраще програмне забезпечення для 3D моделювання в 2022 році [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://zenfolio.com/blog/3d-modeling-software/>.
2. Головна сторінка ZBrush [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://pixologic.com/>.
3. Головна сторінка Autodesk [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.autodesk.eu/>.
4. Головна сторінка Blender [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.blender.org/>.
5. Кроністер Д. Blender Basics 3rd edition / Джеймс Кроністер., 2010. – 153с.
6. Використання 3D графіки у створенні концептів [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://evenant.com/using-3d-in-concept-art/>.
7. Книга дизайну рівнів. Етап блокауту [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://book.leveldesignbook.com/process/blockout>.
8. Розуміння 12 принципів анімації [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.creativebloq.com/advice/understand-the-12-principles-of-animation>.
9. Документація для роботи з Blender [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://docs.blender.org/manual/en/latest/>.
10. Eliminate Texture Confusion: Bump, Normal and Displacement Maps [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.pluralsight.com/blog/film-games/bump-normal-and-displacement-maps>.
11. Розуміння UV-mapping [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.spiria.com/en/blog/desktop-software/understanding-uv-mapping-and-textures/>.



12. Tan C. How to Make Your Models Look Realistic With Procedural Textures in Blender [Електронний ресурс] / Cherie Tan – Режим доступу до ресурсу: <https://www.makeuseof.com/procedural-textures-in-blender-realistic-models/>.

13. Blender Texture Painting [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://all3dp.com/2/blender-texture-painting-simply-explained/>.

14. Основи композитингу [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://en.wikibooks.org/wiki/Blender\\_3D:\\_Noob\\_to\\_Pro/Compositing](https://en.wikibooks.org/wiki/Blender_3D:_Noob_to_Pro/Compositing).

15. Blender Kit [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.blenderkit.com/>.

16. How to Use the MeasureIt Add-on in Blender [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://blenderzen.com/2020/10/19/how-to-use-the-measureit-add-on-in-blender/>.

17. Використанням референсів у мистецтві [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.jobydorr.com/blog/2021/2/10/how-to-use-reference-for-art-when-its-good-and-when-its-bad>.

18. Розуміння глобального освітлення [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.pluralsight.com/blog/film-games/understanding-global-illumination>.

19. Основи Eevee [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://cgcookie.com/posts/eevee-essential-features-walkthrough-part-one>.

20. Впорядкування топології сіті після моделювання у Blender. Оптимізація топології [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [http://wiki.b3d.org.ua/index.php/Впорядкування\\_топології\\_сіті\\_після\\_моделювання\\_Blender](http://wiki.b3d.org.ua/index.php/Впорядкування_топології_сіті_після_моделювання_Blender).

21. Вісім способів для створення чистої топології [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://cgcookie.com/posts/guide-to-clean-topology>.

22. Робота шейдингу в Unity. Основні та допоміжні текстури. Конвертація текстур [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://forum.substance3d.com/index.php?topic=19344.0>.

23. Запікання текстур в Blender [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://blender.stackexchange.com/questions/13508/how-do-i-bake-a-texture-using-cycles-bake>.

24. Price A. Чотири способи пришвидшити візуалізацію в Cycles [Електронний ресурс] / Andrew Price – Режим доступу до ресурсу: <https://www.blenderguru.com/articles/4-easy-ways-to-speed-up-cycles>.

25. Документація для роботи з Unity. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://docs.unity3d.com/Manual/>.

26. Безпека життєдіяльності: Конспект лекцій для студентів усіх спеціальностей за освітньокваліфікаційним рівнем «бакалавр» / Уклад.: В.В.Зацарний, Н.А.Праховнік, О.В.Землянська – К.:НТУУ «КПІ», 2016 - с. 92.

27. Естетичні фактори виробничого середовища та їх вплив на працівників. Вплив кольору на працівника [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://studentbooks.com.ua/content/view/955/76/1/4/>.

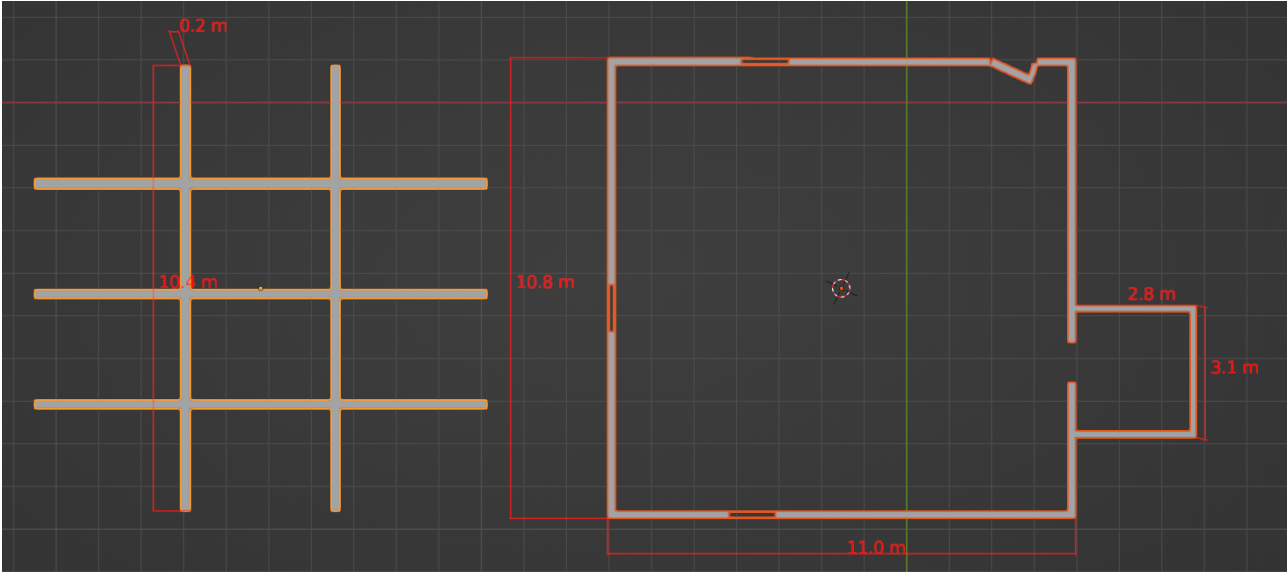
28. ДСТУ 3899:2013. Дизайн і ергономіка. Терміни та визначення основних понять. – [Чинний від 2014-01-01]. – Київ: Український науково-дослідний інститут дизайну та ергономіки НАУ, 2014. – 22 с.

29. ДСТУ ISO 3864-1:2005. Графічні символи. Кольори та знаки безпеки. Частина 1. Принципи проектування знаків безпеки для робочих місць та місць громадського призначення (ISO 3864-1:2002, IDT) – Київ, Держспоживстандарт України, 2006. – 23 с.

30. ДСТУ ISO 7010:2009. Графічні символи. Кольори та знаки безпеки. Знаки безпеки, використовувані на робочих місцях і в місцях громадської призначеності (ISO 7010:2003, IDT) – Київ, Держспоживстандарт України, 2011. – 70 с.

# ДОДАТКИ

Розміри таверни та верхніх підпорок



Рендер сцени із ракурсу стійки на рушії Cycles

