

Київський столичний університет імені Бориса Грінченка  
Факультет інформаційних технологій та математики  
Кафедра комп'ютерних наук

**Допущено до захисту**  
Завідувач кафедри  
комп'ютерних наук,  
кандидат технічних наук, доцент  
(науковий ступінь, вчене звання)  
\_\_\_\_\_Ірина МАШКІНА  
(підпис)  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**на здобуття освітнього ступеня «бакалавр»**  
**Спеціальність 122 Комп'ютерні науки**  
**Освітня програма 122.00.01 Інформатика**

**Тема: РОЗРОБКА ІНТЕРАКТИВНОГО 3D-ІНТЕР'ЄРУ З**  
**ВИКОРИСТАННЯМ СИМУЛЯЦІЙ ЧАСТИНОК ДЛЯ РЕАЛІСТИЧНИХ**  
**ВІЗУАЛЬНИХ ЕФЕКТІВ**

**Виконав**

студент групи Інб1–21–4.0д  
(шифр академічної групи)

Барабаш Дарина Ростиславівна  
(прізвище, ім'я, по батькові)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

**Науковий керівник**

старший викладач кафедри  
кандидат педагогічних наук  
Співак С.М.

(прізвище, ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ — 2025

**Київський столичний університет імені Бориса Грінченка**  
**Факультет інформаційних технологій та математики**  
**Кафедра комп'ютерних наук**

**«Затверджую»**

Завідувач кафедри  
комп'ютерних наук,  
кандидат технічних наук, доцент  
(науковий ступінь, вчене звання)

\_\_\_\_\_ Ірина МАШКІНА  
(підпис, ім'я, прізвище)  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р.

**ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**  
**«Розробка інтерактивного 3D-інтер'єру з використанням симуляції частинок для**  
**реалістичних візуальних ефектів»**

Виконавець — студент групи ІНб–1–21–4.0д,  
спеціальності 122 Комп'ютерні науки,  
освітньої програми 122.00.01 Інформатика  
**Барабаш Дарина Ростиславівна**

1. **Вихідні дані:** Сучасні дослідження та публікації в галузі комп'ютерної графіки, віртуальної реальності, розробки ігор та інтерактивних 3D-середовищ. Технічна документація та можливості ігрових рушіїв, зокрема їхніх систем моделювання, візуалізації, систем частинок та інструментів інтерактивності. Матеріали та ресурси щодо створення реалістичних візуальних ефектів у 3D-графіці. **2. Основні завдання:** Здійснити огляд публікацій за темою розробки інтерактивних 3D-інтер'єрів та використання систем частинок. Обґрунтувати мету, об'єкт, предмет та наукові основи дослідження. Розробити завдання, структуру та зміст бакалаврської роботи. Обрати та обґрунтувати методи і засоби дослідження вибір програмного забезпечення, методи оцінки реалістичності. Підготувати матеріали до розділів роботи відповідно до індивідуального завдання. Обрати та обґрунтувати підхід до створення реалістичних візуальних ефектів. Розробити інтерактивний 3D-інтер'єр з реалізацією симуляції частинок для ефектів вогню та води, а також механізмами взаємодії користувача.
3. Пояснювальна записка: Обсяг – до 45 стор. формату А4 комп'ютерного набору з дотриманням вимог стандарту і методичних рекомендацій кафедри.
4. Графічні матеріали: презентація
5. Додатки: файл
6. Строк подання роботи на кафедру: «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р.

Науковий керівник  
старший викладач кафедри  
\_\_\_\_\_ Співак С.М.  
\_\_\_\_\_ дата

Виконавець:  
Барабаш Д.Р.  
\_\_\_\_\_ дата

### Календарний план

| №  | Назва етапу дипломної роботи                             | Строк виконання етапу роботи | Примітка |
|----|----------------------------------------------------------|------------------------------|----------|
| 1  | Формування теми дипломної роботи бакалавра               | До 04.11                     | Виконано |
| 2  | Ознайомлення з методичними рекомендаціями                | До 20.11                     | Виконано |
| 3  | Складання змісту та календарного плану роботи            | До 12.12                     | Виконано |
| 4  | Підбір літератури, складання завдань                     | До 22.12                     | Виконано |
| 5  | Написання вступу та обґрунтування теми                   | До 14.01                     | Виконано |
| 6  | Розробка інтерактивного 3D-інтер'єру                     | До 30.01                     | Виконано |
| 7  | Реалізація симуляції вогню за допомогою Particle System  | До 09.02                     | Виконано |
| 8  | Реалізація симуляції води з Shader Graph та Sub Emitters | До 15.02                     | Виконано |
| 9  | Додавання механізмів взаємодії користувача               | До 28.02                     | Виконано |
| 10 | Написання першого розділу                                | До 10.03                     | Виконано |
| 11 | Написання другого розділу                                | До 26.03                     | Виконано |
| 12 | Написання третього розділу                               | До 15.04                     | Виконано |
| 13 | Написання висновків                                      | До 20.04                     | Виконано |
| 14 | Виправлення зауважень керівника                          | До 20.05                     | Виконано |
| 15 | Створення презентації                                    | До 20.05                     | Виконано |
| 16 | Захист матеріалів на кафедрі                             | 30.05                        | Виконано |
| 17 | Офіційний захист дипломної роботи                        | 16.06                        |          |

Студент Барабаш Д.Р.

Керівник роботи Співак С.М.



## **РЕФЕРАТ бакалаврської роботи**

Кваліфікаційна робота 60 с., 23 рис., 3 табл., 33 посилання.

### **Актуальність:**

Сучасні технології візуалізації 3D-середовищ, зокрема у сфері дизайну інтер'єрів, вимагають високої реалістичності та інтерактивності. Особливу роль у досягненні цього відіграють симуляції природних явищ, таких як вогонь та вода, які реалізуються за допомогою систем частинок. Робота актуальна з огляду на зростаючий попит на інтерактивні 3D-рішення в освіті, архітектурі та ігровій індустрії.

**Об'єкт дослідження:** Процес створення інтерактивних 3D-середовищ у віртуальному просторі за допомогою ігрових рушіїв.

**Предмет дослідження:** Технології моделювання та симуляції природних явищ — вогню та води — в інтерактивному 3D-інтер'єрі з використанням ігрового рушія Unity.

### **Мета дослідження:**

Розробити інтерактивний 3D-інтер'єр із реалістичними симуляціями вогню та води, який дозволяє візуально і динамічно взаємодіяти з об'єктами середовища в середовищі Unity.

### **Завдання дослідження:**

1. Проаналізувати сучасні підходи до моделювання 3D-інтер'єрів та симуляцій природних явищ.
2. Визначити можливості та обґрунтувати вибір рушія Unity для створення інтерактивних середовищ.
3. Розробити 3D-модель інтер'єру з інтеграцією симуляцій вогню, диму та води. Реалізувати вогонь і дим у каміні за допомогою системи частинок, а симуляцію води (душ) із використанням Shader Graph, Particle System та Sub Emitters. Реалізувати взаємодію користувача з елементами середовища.

4. Провести аналіз ефективності реалізованих ефектів та оптимізації проекту

**Основні результати:**

У роботі реалізовано інтерактивний 3D-інтер'єр із симуляцією вогню в каміні, диму та води з душу. Вперше запропоновано комбіноване використання Particle System, Shader Graph та Sub Emitters для створення реалістичних візуальних ефектів в інтер'єрі. Описано повний цикл розробки, від вибору платформи до інтеграції взаємодії з користувачем.

**Практичне значення дослідження:**

Полягатиме у впровадженні отриманих результатів у процес створення віртуальних інтер'єрів, навчальних симуляторів та архітектурних візуалізацій з підвищеним рівнем реалістичності та інтерактивності.

**Ключові слова:**

**3D-інтер'єр, Unity, система частинок, симуляція вогню, симуляція води, Shader Graph, інтерактивність, візуальні ефекти, VFX Graph, Sub Emitters.**

# ЗМІСТ

|                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП.....                                                            | 7  |
| РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ.....                               | 9  |
| 1.1 Сучасні технології 3D-моделювання та візуалізації інтер'єрів..... | 9  |
| 1.2 Системи частинок у комп'ютерній графіці.....                      | 15 |
| 1.3 Інтерактивність в 3D-середовищах.....                             | 19 |
| РОЗДІЛ 2. ОБГРУНТУВАННЯ І ВИБІР МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕНЬ.....               | 26 |
| 2.1 Вибір платформи для розробки.....                                 | 26 |
| 2.2 Реалізація системи частинок.....                                  | 29 |
| 2.3 Інтеграція інтерактивних елементів.....                           | 40 |
| РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ.....                         | 45 |
| 3.1 Порівняння візуальних ефектів вогню.....                          | 45 |
| 3.2 Порівняння оптичних ефектів води.....                             | 48 |
| 3.3 Практичні рекомендації.....                                       | 51 |
| ВИСНОВОК.....                                                         | 55 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....                                       | 58 |



## ВСТУП

Сучасний рівень розвитку комп'ютерних технологій відкриває необмежені можливості для створення віртуальних світів, які все більше наближаються до реальності в плані візуалізації та взаємодії. Інтерактивний 3D–дизайн інтер'єру займає особливе місце і широко використовується в багатьох сферах, від архітектурної візуалізації до дизайну інтер'єру, від індустрії розваг до освітніх проєктів. Створення захоплюючих віртуальних просторів вимагає комплексного підходу, який поєднує в собі навички 3D–моделювання, розуміння методів візуалізації та ефективного використання інструментів для забезпечення реалістичної взаємодії та поведінки об'єктів.

Одним із найважливіших елементів досягнення високої реалістичності 3D–дизайну інтер'єру є відтворення таких природних явищ, як вогонь і вода. У комп'ютерній графіці системи частинок є потужним інструментом для моделювання цих динамічних ефектів і дозволяють створювати візуально привабливі та правдоподібні сцени. Різні рушії для розробки інтерактивних 3D–середовищ, такі як Unity та Unreal Engine, пропонують власні інструменти для роботи з системами частинок (VFX Graph в Unity та Niagara в Unreal Engine), кожен зі своїми унікальними функціями та перевагами.

Для того щоб користувач міг повністю зануритися у віртуальний простір, вкрай важливо забезпечити можливість взаємодії з об'єктами, що знаходяться всередині. Завдяки розробці інтуїтивно зрозумілих механізмів взаємодії та використанню фізичної симуляції для імітації природної поведінки об'єктів, які взаємодіють з користувачем або один з одним, рівень реалізму та інтерактивності значно підвищується.

Враховуючи важливість створення реалістичних та інтерактивних тривимірних інтер'єрів, ця робота зосереджена на розробці та інтеграції складних візуальних ефектів і механізмів взаємодії в середовищі Unity. **Основною метою роботи є розробка інтерактивного елементу 3D–інтер'єру – каміна – з реалістичною візуалізацією вогню, що забезпечується за**

допомогою системи частинок у Unity. Для досягнення цієї мети було досліджено можливості Unity для створення та налаштування систем частинок, методи текстуровання та освітлення для підвищення візуальної достовірності полум'я.

Крім того, в рамках роботи було приділено увагу створенню реалістичної анімації води в 3D-інтер'єрі. **Поставлено завдання розробити реалістичну анімацію води в 3D-інтер'єрі, застосовуючи Particle System, Sub Emitters та Shader Graph для створення ефектів прозорості та мокрих поверхонь.** Це включало експерименти з параметрами системи частинок для імітації руху води, використання Sub Emitters для створення вторинних ефектів, таких як бризки, та застосування Shader Graph для розширення можливостей візуалізації води, зокрема для досягнення ефектів прозорості та відображення мокрих поверхонь.

У процесі дослідження було проведено порівняльний аналіз програмних засобів для 3D-моделювання та візуалізації інтер'єрів, розглянуто основи роботи систем частинок та їх застосування в комп'ютерній графіці, а також методи забезпечення інтерактивності у 3D-середовищах. Вибір Unity як основної платформи для розробки був обґрунтований його гнучкістю, потужними інструментами для роботи з системами частинок (VFX Graph) та широкими можливостями для інтеграції інтерактивних елементів та фізичних симуляцій.

Таким чином, дана дипломна робота представляє собою комплексне дослідження та практичну реалізацію методів створення реалістичних візуальних ефектів вогню та води, а також інтеграції механізмів взаємодії в

3D-інтер'єрі на базі рушія Unity, що є важливим кроком у розвитку технологій створення віртуальних просторів з високим ступенем занурення та реалізму.

## **1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ «ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ПІДХОДІВ ДО СТВОРЕННЯ 3Д-ІНТЕР'ЄРІВ ТА ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ ЧАСТИНОК ДЛЯ РЕАЛІСТИЧНИХ ВІЗУАЛЬНИХ ЕФЕКТІВ»**

У цьому розділі аналіз сучасних підходів до створення 3Д-інтер'єрів та використання систем частинок для реалістичних візуальних ефектів.

### **1.1 Сучасні технології 3Д-моделювання та візуалізації інтер'єрів**

Огляд основних програмних засобів 3Д-моделювання: Unity, Blender, Autodesk Maya, 3ds Max.

**Unity.** Застосування засобів віртуальної реальності для створення інтерактивних навчальних середовищ є актуальним та перспективним напрямком у сучасній освіті. Використання засобів розробки, таких як Unity, забезпечує можливість створювати віртуальне середовище, миттєві системи та сприяти вирішенню проблем у різних галузях знань.

Програма Unity є потужним інструментом для розробки інтерактивних навчальних середовищ, забезпечує широкі можливості для моделювання, анімації та симуляції фізичних процесів. Крім того, Unity має розвинену систему роботи з частинками, що дозволяє створювати реалістичні візуальні ефекти, необхідні для правдоподібного відтворення реальних умов. Створені навчальні середовища на базі Unity, можуть не тільки допомогти студентам отримати практичний досвід, а й дозволити їм взаємодіяти з навчальним матеріалом у динамічний та захоплюючий світ. Інтерактивність середовища дозволяє студентам самостійно проводити експерименти, перевіряти гіпотези та досліджувати складні процеси, що сприяє активному залученню до навчального процесу.

Сам Unity є складним і творчим процесом, що потребує певних навичок та знань. Першим етапом розробки є планування сцени, визначення вимог

проекту та формату представлення моделі. Важливою частиною є текстурювання та оптимізація ресурсів для досягнення високої продуктивності в реальному часі. Особливу увагу при виділених системах симуляції частинок, що позбавляють реалізовувати ефекти диму, вогню, води та інших природних явищ.

Попри всі переваги, використання Unity має свої виклики. Однією з основних проблем є складність освоєння інтерфейсу та інструментів для новачків. Велика кількість налаштувань та можливостей може ускладнити процес роботи, що вимагає відповідного навчання. Другою проблемою є продуктивність при використанні складних ефектів симуляції частинок. Реалістична фізика та візуалізація можуть суттєво навантажувати систему, що потребує оптимізації моделей, текстур та ефектів. Також варто враховувати можливі труднощі з експортом та інтеграцією 3D-об'єктів у інші платформи та ігрові движки.

Тож, використання віртуальної реальності на базі Unity є перспективним напрямком розвитку сучасної освіти, що дозволяє створювати реалістичні навчальні середовища завдяки потужним можливостям симуляції частинок.

Незважаючи на певні труднощі Unity залишається гнучким інструментом для 3D-моделювання.

**Blender.** Він має потужний набір інструментів для 3D-розробки з відкритим кодом, який охоплює майже всі аспекти створення тривимірної графіки. Він пропонує розширені функції для моделювання, текстурювання, оснащення, анімації, освітлення та багато іншого. Blender підходить як для роботи зі статичними моделями, так і для створення складних анімацій. Система частинок у Blender є особливо потужною: вона дозволяє моделювати природні явища (дощ, сніг, дим), створювати ефекти руйнування, анімувати волосся та шерсть, а також генерувати абстрактні або магічні ефекти. Частинки можуть взаємодіяти з об'єктами, силами та іншими системами, що робить Blender ідеальним інструментом для створення реалістичних та креативних проектів. Завдяки активній спільноті, регулярним оновленням та

крос-платформній підтримці, Blender став одним із найпопулярніших рішень для 3D-художників по всьому світу.

У Blender для текстурування використовується потужний редактор матеріалів на основі вузлів (Shader Editor), який дозволяє створювати складні PBR-матеріали (Physically Based Rendering). Blender підтримує UV-розгортку, текстурування з використанням зображень або процедурних текстур, а також інтеграцію зі сторонніми бібліотеками, такими як Substance Painter. Для освітлення Blender пропонує два рендери: Cycles (для фотореалістичного рендерингу) та Eevee (для швидкого реалістичного рендерингу в реальному часі). Cycles використовує глобальне освітлення (Global Illumination) для досягнення реалістичних тіней та відблисків, тоді як Eevee працює з екрановим просторовим освітленням (Screen Space Reflections) та іншими техніками для швидкої візуалізації.

**Autodesk Maya.** Програма для створення 3D-графіки та візуальних ефектів у відеоіграх, програмах, анімаціях та фільмах. Містить універсальний набір інструментів для моделювання, симуляцій, рендерингу та композитингу. А просунуті функції ригінгу та анімації дозволяють Maya залишатися поза конкуренцією на ринку профільного софту. **Основні можливості Autodesk Maya:**

**а) Моделювання:**

- **Полігональне моделювання:** Інструменти для створення складних 3D-моделей з використанням полігонів.
- **NURBS-моделювання:** Підтримка кривих і поверхонь для створення гладких і точних форм.
- **Скульптування:** Зручні інструменти для деталізованого скульптування високополігональних моделей.
- **Ретопологія:** Оптимізація моделей для зменшення кількості полігонів зі збереженням деталей.

### б) Анімація:

- **Персонажна анімація:** Потужні інструменти для створення анімації персонажів, включаючи скелетну систему (rigging), блендформи (blend shapes) та інверсну кінематику (IK).
- **Анімація об'єктів і камер:** Зручний редактор анімації (Graph Editor) для контролю руху.
- **Система частинок:** Створення динамічних ефектів, таких як дощ, вогонь, дим тощо.
- **Динаміка та симуляції:** Підтримка фізичних симуляцій, включаючи тканини, волосся, рідини та тверді тіла.

### в) Візуальні ефекти (VFX):

- **Робота з димом, вогнем і рідинами:** Інтеграція з системою Vifrost для створення реалістичних симуляцій.
- **Ефекти руйнування:** Створення ефектів розбиття об'єктів.
- **Частинки:** Потужна система частинок (nParticles) для створення складних ефектів.
- **Глобальне освітлення (Global Illumination):** Створення реалістичного освітлення та тіней.

### г) Динаміка та симуляції:

- **Рідини:** Створення реалістичних симуляцій рідин.
- **Тканини:** Симуляція тканини для одягу, прапорів тощо.
- **Волосся та шерсть:** Інструменти для створення реалістичного волосся та шерсті.

### д) Інтеграція з іншими програмами:

- **Сумісність з іншими продуктами Autodesk:** Наприклад, 3ds Max, MotionBuilder, Mudbox.

- Підтримка форматів файлів: FBX, OBJ, Alembic, USD.

### Сфери застосування Autodesk Maya

- **Кіно та телебачення:** Створення візуальних ефектів, анімації персонажів, симуляції.
- **Відеоігри:** Моделювання, анімація, текстурювання для ігор.
- **Архітектура та дизайн:** Візуалізація архітектурних проєктів.
- **Реклама:** Створення 3D-графіки для рекламних роликів.

**Освіта:** Використання у навчальних закладах для вивчення 3D-графіки.

Autodesk Maya — це професійний інструмент для 3D-розробки, який встановлює стандарти в індустрії. Вона пропонує безліч можливостей для моделювання, анімації, створення візуальних ефектів та рушіїв. Незважаючи на свою складність і високу вартість, Maya залишається одним із найпопулярніших рішень для професіоналів у сфері 3D-графіки. Якщо ви працюєте у кіно, іграх або рекламі, Maya може стати вашим основним інструментом для реалізації найскладніших проєктів.

Autodesk Maya також пропонує потужні інструменти для текстурювання, включаючи редактор матеріалів на основі вузлів (Hypershade) та підтримку PBR-матеріалів. Maya інтегрується з Arnold, який є її основним рендерером і надає можливості для створення фотореалістичного освітлення за рахунок глобального освітлення, точкових джерел світла та HDRI-карт. Maya також підтримує UV-розгортку та текстурювання з використанням зовнішніх інструментів, таких як Substance Painter.

**3ds Max.** Потужний професійний інструмент для 3D-моделювання, анімації, візуалізації та візуальних ефектів, який широко використовується в архітектурній візуалізації, кіноіндустрії та розробці та дизайні відеоігор. Програма відома своєю гнучкістю, різноманітним набором інструментів і зручним інтерфейсом, що робить її популярною серед художників, дизайнерів і архітекторів.

Однією з ключових переваг 3ds Max є її орієнтація на архітектурну візуалізацію. Програма пропонує потужні інструменти для створення реалістичних інтер'єрів, екстер'єрів та ландшафтів. Вона підтримує імпорт файлів з інших архітектурних програм, таких як AutoCAD чи Revit, що дозволяє легко інтегрувати 3D-моделі в проекти. 3ds Max також має вбудовані бібліотеки матеріалів, меблів, освітлення та інших елементів, які значно прискорюють процес створення сцен. Для моделювання в 3ds Max доступні різні методи, включаючи полігональне моделювання, роботу з NURBS-кривими та модифікатори, які дозволяють швидко змінювати форму об'єктів. Програма також підтримує скульптування, що дозволяє створювати деталізовані моделі з високою точністю. Для анімації 3ds Max пропонує потужні інструменти, такі як система кістяків (rigging), інверсна кінематика (IK) та редактор анімації (Track View), який дозволяє точно контролювати рух об'єктів і персонажів. 3ds Max активно використовується в ігровій індустрії для створення 3D-моделей, текстур та анімацій. Вона підтримує експорт у формати, які використовуються в ігрових движках, таких як Unity чи Unreal Engine. Крім того, програма має інструменти для створення частинок, динаміки та симуляцій, що дозволяє створювати ефекти вогню, диму, рідин та інших природних явищ. У цілому, Autodesk 3ds Max — це універсальний інструмент, який підходить для широкого кола завдань у 3D-графіці. Вона є стандартом у архітектурній візуалізації та активно використовується в ігровій індустрії, кіно та рекламі. Завдяки своїй гнучкості, потужним інструментам та підтримці великої кількості плагінів, 3ds Max залишається одним із найпопулярніших рішень для професіоналів у сфері 3D-дизайну.

Тож, зараз є багато різноманітних програм для моделювання. Вони мають всі потрібні інструменти для реалізації проєктів.

У 3ds Max текстурування базується на редакторі матеріалів (Material Editor) з підтримкою PBR-матеріалів та інтеграцією з популярними рендерерами, такими як V-Ray, Corona та Arnold. 3ds Max дозволяє створювати складні UV-розгортки та використовувати процедурні текстури. Для освітлення



3ds Max пропонує широкий набір інструментів, включаючи фізично точні джерела світла, HDRI-освітлення та глобальне освітлення, що робить її ідеальною для архітектурної візуалізації та створення реалістичних сцен.

## 1.2 Системи частинок у комп'ютерній графіці

Створення реалістичних симуляцій в іграх може бути складним, але одночасно й корисним завданням. Одним з найпривабливіших візуальних аспектів ігрового дизайну є симуляція уламків, особливо під час вибухових подій або взаємодій з навколишнім середовищем.

Системи частинок — це техніка, яка використовується для симуляції нечітких феноменів, які важко відтворити за допомогою традиційних методів рендерингу. Вони особливо корисні для створення ефектів, таких як дим, вогонь і уламки.

Системи частинок є потужними інструментами для створення динамічних ефектів, таких як дим, вогонь, вода, дощ, сніг та інші природні явища. Він заснований на моделюванні поведінки численних дрібних частинок, що рухаються і взаємодіють з навколишнім середовищем за певними правилами. Детальний огляд основ систем частинок і способів їх використання в Unity, Blender, Autodesk Maya та 3ds Max:

- Частинки: Це дрібні об'єкти, які можуть мати різні властивості, такі як розмір, швидкість, тривалість життя, колір та форма.
- Емітери: Об'єкти, які генерують частинки. Вони визначають, де і як частинки з'являються.
- Силкові поля: Впливають на рух частинок, наприклад, гравітація, вітер або вибухи.
- Колізії: Частинки можуть взаємодіяти з об'єктами на сцені, відбиваючись або зникаючи при зіткненні.
- Текстури та матеріали: Частинки можуть використовувати текстури для імітації диму, вогню або води.

- Застосування систем частинок:
- Дим: Частинки можуть імітувати дим, використовуючи прозорі текстури та плавний рух.
- Вогонь: Частинки з яскравими кольорами та анімацією текстури створюють ефект полум'я.
- Вода: Частинки можуть імітувати краплі води, хвилі або бризки.
- Дощ і сніг: Частинки, що падають з певною швидкістю, створюють ефект дощу або снігу.
- Вибухи: Частинки, що швидко розлітаються, імітують вибухи.
- Використання частинок в програмах:

## Unity

**Система частинок:** Unity має вбудовану систему частинок, яка може створювати різні ефекти, такі як дим, вогонь, дощ і вибухи.

### Ключові особливості:

- Налаштування емітер, швидкість, форму та час життя частинок.
- Використовування текстури для створення реалістичних ефектів.
- Взаємодія із силовими полями (наприклад, вітром або силою тяжіння).
- Підтримка шейдерів для створення складних матеріалів.

Застосування: Unity використовується для створення ефектів в іграх та інтерактивних програмах. Наприклад, системи частинок можуть імітувати дим від пострілів, вогонь під час пожежі або дощ у відкритому світі.

## Blender

**Система частинок:** Blender має потужну систему частинок, яка підтримує створення динамічних ефектів.

### Ключові особливості:

- Створення емітерів для генерації частинок.
- Використання фізичних сил (гравітація, вітер) для контролю руху.
- Текстурування частинок для створення диму, вогню або води.
- Інтеграція з симуляціями динаміки (наприклад, рідини).

**Застосування:** Blender використовується для створення ефектів в анімації та візуалізації. Наприклад, системи частинок можуть імітувати дим парової машини або вогонь у фантастичній сцені.

### **Autodesk Maya**

**Система частинок:** Maya використовує систему nParticles, яка дозволяє створювати складні ефекти.

#### **Ключові особливості:**

- Генерація частинок з різними властивостями (розмір, швидкість, колір).
- Інтеграція з іншими системами: рідина або динаміка
- Підтримка текстур та матеріалів для створення реалістичних ефектів

**Застосування:** Maya використовується у кіноіндустрії для створення візуальних ефектів. Наприклад, система частинок може імітувати вибухи, дим або магічні ефекти.

### **3ds Max**

**Система частинок:** має систему Particle Flow, яка дозволяє створювати складні ефекти за допомогою візуального програмування

#### **Ключові особливості:**

- Налаштування емітерів, швидкості та форми частинок.
- Використання силових полів для контролю руху.
- Текстурування частинок для створення реалістичних ефектів.
- Інтеграція з іншими системами, такими як рідини або динаміка.

Застосування: використовується для створення ефектів у відеоіграх, кіно та архітектурній візуалізації. Наприклад, система частинок може імітувати дощ у візуалізації будівлі або вибухи у ігрових сценах.

#### Порівняння:

- **Unity:** орієнтований на операції в реальному часі, ідеальний для ігор та інтерактивних програм.
- **Blender:** забезпечує гнучкість і потужні інструменти для створення ефектів в анімації та візуалізації.
- **Autodesk Maya:** використовується для створення складних візуальних ефектів у кіноіндустрії.
- **3ds Max:** ідеально підходить для візуалізації архітектури та ефектів відеоігор.

Також, в Unity є важливі інструменти для частинок Unity (VFX Graph) та Unreal Engine (Niagara). Порівняння:

**VFX Graph** — це система візуальних ефектів у Unity, яка дозволяє створювати складні системи частинок за допомогою вузлового інтерфейсу. Вона орієнтована на роботу з високопродуктивними платформами, такими як PlayStation, Xbox або ПК з підтримкою шейдерів на основі HLSL (High-Level Shading Language).

**Niagara** — це система візуальних ефектів у Unreal Engine, яка також використовує вузловий інтерфейс для створення складних систем частинок. Вона є більш універсальною порівняно зі старою системою Cascade і підтримує як CPU, так і GPU обчислення.

Обидва інструменти — **Unity VFX Graph** та **Unreal Engine Niagara** — є потужними рішеннями для створення систем частинок. **VFX Graph** більше орієнтований на високопродуктивні платформи та складні ефекти, тоді як **Niagara** пропонує більшу гнучкість і підтримку різних платформ, включаючи мобільні пристрої. Вибір між ними залежить від конкретних потреб проекту: якщо вам потрібна висока продуктивність для AAA-ігор, Unity VFX Graph може бути кращим вибором, але якщо важлива

універсальність та інтеграція з іншими системами Unreal Engine, Niagara стане ідеальним рішенням.

Системи частинок є важливим інструментом для створення реалістичних природних явищ у 3D-графіці. Unity, Blender, Autodesk Maya та 3ds Max пропонують унікальні підходи до роботи з частинками.

### 1.3 Інтерактивність в 3D-середовищах

Сучасні технології моделювання, такі як Unity, Blender, Autodesk Maya та 3ds Max, надають можливість створення реалістичних та інтерактивних 3D-інтер'єрів. Від дизайну житлових будинків до комерційних приміщень, вони дозволяють не лише візуалізувати об'єкти, а й забезпечують зручну взаємодію користувача з ними. Створення інтуїтивно зрозумілого та ефектного інтерфейсу для взаємодій з 3D-середовищем є ключовим аспектом успішного проектування.

Розглянемо основні методи забезпечення взаємодії користувача з 3D-інтер'єрами в популярних програмних середовищах. Як Blender надає інструменти анімації та навігації, а Autodesk Maya та 3ds Max забезпечують точний контроль над об'єктами та їхніми властивостями, Unity дозволяє створювати інтерактивні сцени за допомогою сценарію та фізики.

**Unity.** Інтерфейс користувача (UI) в іграх є найважливішою частиною ігрового процесу і візуального образу. Це також один із найефективніших способів спілкування з гравцями та керівництва ними. Художники інтерфейсу користувача та розробники ігор можуть підвищити свою кваліфікацію, навчившись використовувати інструменти створення інтерфейсу користувача в Unity. У цьому 130-сторінковому посібнику для художників, дизайнерів і розробників ви знайдете поради та найкращі практики зі створення складних інтерфейсів за допомогою двох систем інтерфейсу користувача Unity - Unity UI і UI Toolkit. До основних областей входять:

- Етапи проектування та розробки інтерфейсу користувача
- Робочі процеси підготовки активів

- Проектування за допомогою Unity UI та UI Toolkit
- Стилiзація за допомогою UI Toolkit
- Шрифти у Unity

Найкращий інтерфейс користувача – це той, якого ви не помічаєте.

Інтерфейс користувача є важливою частиною будь-якої гри. Зроблено добре, непомітно та акуратно

Вплетені в програму. Однак, якщо це зробити погано, це може розчарувати користувачів і відволікати від ігрового процесу.

Надійний графічний інтерфейс користувача (GUI) є розширенням візуальної ідентичності гри.

Сучасна аудиторія жадає вишуканих, інтуїтивно зрозумілих графічних інтерфейсів, які легко інтегруються з вашими бажаннями. Незалежно від того, відображається життєва статистика персонажа чи гра світової економіки, інтерфейс – це шлях гравців до ключової інформації.

У міру вдосконалення інтерфейсів користувача зростає й майстерність, що стоїть за ними. Дизайн інтерфейсу користувача в основному залежить від двох типів спеціалістів:

Художники UI: вони володіють основами дизайну, кольору, форми, типографіка та верстка. UI художники розробляють для цільової аудиторії

ігровий світ. Їхній погляд на деталі мотивує їх створювати «ідеальний піксельний» інтерфейс користувача.

- Дизайнери UX: вони досліджують поведінку користувачів і ширші потреби кінцевого користувача.

Дизайнери UX контролюють, як хтось взаємодіє з а цифровий продукт. Вони будують потоки навігації з наміром зробити досвід якомога зручним у використанні.

Ці ролі тісно співпрацюють разом з іншими художниками та дизайнерами 2D або 3D. Саме завдяки цій співпраці з'являються сильніші та ефективніші інтерфейси користувача.

**Blender.** Методи для створення 3D-інтер'єрів і взаємодії з користувачем включає різноманітні інструменти та підходи для створення інтерактивних і зручних 3D-сцен. Blender, потужний інструмент для 3D-моделювання, анімації та візуалізації, пропонує численні можливості для забезпечення взаємодії користувача з 3D-інтер'єрами.

Інтерактивне редагування об'єктів

- **Gizmo Tools:** Blender надає інструменти Gizmo для переміщення, обертання та масштабування об'єктів у реальному часі. Це дозволяє користувачу легко маніпулювати елементами інтер'єру.
- **Режими редагування:** Користувач може перемикатися між режимами Object Mode та Edit Mode для редагування полігонів, вершин та ребер об'єктів, що дозволяє точно налаштовувати деталі інтер'єру.
- **Snapping:** Функція притягування (Snapping) дозволяє точно розміщувати об'єкти відносно один одного, що є важливим при створенні інтер'єрів.
- Анімація та інтерактивність
- **Keyframe Animation:** Blender дозволяє створювати анімації за допомогою ключових кадрів. Наприклад, можна анімувати рух дверей, меблів або камери, щоб показати інтер'єр у динаміці.
- **Drivers:** Драйвери дозволяють створювати зв'язки між параметрами об'єктів. Наприклад, можна зробити так, щоб відкриття дверей автоматично вмикало світло в кімнаті.
- **Logic Editor:** У попередніх версіях Blender був доступний Logic Editor для створення інтерактивних сцен, але в сучасних версіях ця функція замінена на більш потужні інструменти.

Blender надає різноманітні інструменти для взаємодії користувача з 3D-інтер'єрами. Від інтуїтивно зрозумілої навігації та редагування до

створення сценаріїв та анімації, Blender дозволяє створювати інтерактивні фотореалістичні 3D-сцени для архітектури, дизайну, освіти тощо. Його гнучкість і потужні функції роблять Blender чудовим вибором для розробки 3D-інтер'єрів з інтерактивними елементами.

**Autodesk Maya.** Методи забезпечення взаємодії користувача з 3D-інтер'єром в Autodesk Maya включають різні інструменти та підходи, які дозволяють створювати інтерактивні та зручні для використання 3D-сцени. Maya, будучи потужним інструментом для 3D-моделювання, анімації та візуалізації, надає широкі можливості для забезпечення взаємодії користувача з 3D-інтер'єром. Основні методи включають навігацію в 3D-просторі за допомогою миші та гарячих клавіш, що дозволяє користувачу обертати, масштабувати та переміщувати камеру. Maya також надає інтуїтивні елементи управління у вікні перегляду, такі як кнопки для зміни виду та режими ортогональної та перспективної проекції. Для інтерактивного редагування об'єктів використовуються інструменти Gizmo, які дозволяють переміщувати, обертати та масштабувати об'єкти у реальному часі, а також функція прив'язки (Snapping) для точного розміщення об'єктів. Maya підтримує створення анімацій за допомогою ключових кадрів, що дозволяє анімувати рух дверей, меблів або камери, а також використання драйверів (Drivers) для створення зв'язків між параметрами об'єктів. Для автоматизації завдань та створення інтерактивних елементів управління використовується Python API, який дозволяє писати власні скрипти. Maya також підтримує створення реалістичних матеріалів та текстур, що надають візуальну зворотній зв'язок користувачу, та режим реального часу для візуалізації сцени. Для експорту та інтеграції з іншими платформами Maya підтримує експорт у різні формати, такі як FBX, які можуть бути використані в інших програмах або ігрових рушіях. Крім того, Maya дозволяє налаштовувати інтерфейс під конкретні завдання, створювати власні панелі та меню для швидкого доступу до часто використовуваних функцій. Завдяки



цим інструментам Maya є потужним рішенням для створення інтерактивних та реалістичних 3D-інтер'єрів.

**3ds Max.** Методи забезпечення взаємодії користувача з 3D-інтер'єром в 3ds Max включають різні інструменти та підходи, які дозволяють створювати інтерактивні та зручні для використання 3D-сцени. 3ds Max, будучи потужним інструментом для 3D-моделювання, анімації та візуалізації, надає широкі можливості для забезпечення взаємодії користувача з 3D-інтер'єром. Основні методи включають навігацію в 3D-просторі за допомогою миші та гарячих клавіш, що дозволяє користувачу обертати, масштабувати та переміщувати камеру. 3ds Max також надає інтуїтивні елементи управління у вікні перегляду, такі як кнопки для зміни виду та режими ортогональної та перспективної проекції. Для інтерактивного редагування об'єктів використовуються інструменти трансформації, які дозволяють переміщувати, обертати та масштабувати об'єкти у реальному часі, а також функція притягування (Snapping) для точного розміщення об'єктів. 3ds Max підтримує створення анімацій за допомогою ключових кадрів, що дозволяє анімувати рух дверей, меблів або камери, а також використання контролерів (Controllers) для створення зв'язків між параметрами об'єктів. Для автоматизації завдань та створення інтерактивних елементів управління використовується MaxScript, який дозволяє писати власні скрипти. 3ds Max також підтримує створення реалістичних матеріалів та текстур, що надають візуальну зворотній зв'язок користувачу, та режим реального часу для візуалізації сцени. Для експорту та інтеграції з іншими платформами 3ds Max підтримує експорт у різні формати, такі як FBX, які можуть бути використані в інших програмах або ігрових рушіях. Крім того, 3ds Max дозволяє налаштовувати інтерфейс під конкретні завдання, створювати власні панелі та меню для швидкого доступу до часто використовуваних функцій. Завдяки цим інструментам 3ds Max є потужним рішенням для створення інтерактивних та реалістичних 3D-інтер'єрів.

### **Висновок до розділу:**

Проведений аналіз літератури дозволив окреслити сучасний стан технологій, що лежать в основі створення інтерактивних 3D-інтер'єрів з реалістичними візуальними ефектами. Розгляд провідних програмних засобів 3D-моделювання, таких як Unity, Blender, Autodesk Maya та 3ds Max, виявив їхні потужні можливості для створення деталізованих тривимірних сцен та інтерактивних елементів. При цьому, кожен інструмент має свої особливості та переваги, що визначають його застосування в різних сферах – від ігрової індустрії та архітектурної візуалізації до кіно та освіти.

Аналіз методів текстуровання та освітлення підкреслив їхню ключову роль у досягненні фотореалізму віртуальних інтер'єрів. Застосування принципів Physically Based Rendering (PBR) та технік глобального освітлення є необхідними для створення матеріалів та світлових сценаріїв, що максимально наближені до реальності.

Розгляд систем частинок у комп'ютерній графіці підтвердив їхню ефективність у симуляції складних природних явищ, таких як дим, вогонь та вода. Порівняльний аналіз інструментів VFX Graph (Unity) та Niagara (Unreal Engine) виявив їхню потужність та гнучкість у створенні динамічних візуальних ефектів, орієнтованих на різні потреби проєктів та платформи.

Аналіз методів інтерактивності у 3D-середовищах показав різноманітність підходів до забезпечення взаємодії користувача з віртуальним простором. Використання фізичних симуляцій є важливим фактором для підвищення реалістичності цієї взаємодії, дозволяючи об'єктам та частинкам поводитися більш природно.

### **Наукові результати розділу включають:**

- Систематизований огляд сучасних програмних засобів для 3D-моделювання інтер'єрів та їхніх ключових характеристик.
- Узагальнення основних методів текстуровання (з акцентом на PBR) та освітлення (включаючи глобальне та динамічне освітлення) для досягнення високого рівня візуалізації.

- Опис принципів роботи систем частинок та аналіз їхнього застосування для симуляції природних явищ.
- Порівняльна характеристика інструментів VFX Graph (Unity) та Niagara (Unreal Engine) для створення систем частинок.
- Класифікація основних методів забезпечення інтерактивності користувача з 3D-інтер'єрами та обґрунтування ролі фізичних симуляцій у підвищенні реалізму взаємодії.
- **Практичні результати розділу включають:**
- Огляд переваг та недоліків різних програмних засобів для 3D-моделювання, що може допомогти у виборі інструментарію для конкретних проєктів.
- Визначення ключових технологій та методів, на які слід звернути увагу при створенні реалістичних візуальних ефектів та інтерактивних 3D-інтер'єрів.
- Сформоване розуміння можливостей та особливостей використання систем частинок у різних ігрових рушіях.
- Визначення основних підходів до розробки інтуїтивно зрозумілих та ефективних механізмів взаємодії користувача з віртуальним середовищем.

Таким чином, проведений огляд літератури заклав теоретичну основу для подальшого дослідження, обґрунтував вибір рушія Unity для практичної реалізації проєкту та визначив ключові аспекти, які необхідно врахувати при розробці інтерактивного 3D-інтер'єру з реалістичними візуальними ефектами, зокрема при створенні систем частинок для імітації вогню та води, а також механізмів взаємодії з елементами інтер'єру.

## **2 ОБҐРУНТУВАННЯ І ВИБІР МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ**

### **2.1 Вибір платформи для розробки**

Для інтерактивних 3D-інтер'єрів я надала перевагу Unity, хоча також є й інші, теж цікаві платформи, такі як Unreal Engine.

Обидва рушії, Unity та Unreal Engine, є потужними інструментами для створення інтерактивних 3D-інтер'єрів, але мають різні сильні та слабкі сторони, які слід враховувати при виборі.

Але все ж, ось переваги та недоліки кожного.

### **Unreal Engine**

Переваги:

- Високоякісна графіка та реалістична візуалізація: Unreal Engine відомий своїми розширеними можливостями рендерингу, зокрема видатними технологіями, такими як люмени (динамічне глобальне освітлення) і наніти (віртуалізована геометрія мікрополігонів). Це дозволяє отримати дуже реалістичну візуалізацію інтер'єру з детальним освітленням, матеріалами та геометрією.
- Потужні інструменти для архітектурної візуалізації (ArchViz): Unreal Engine пропонує спеціалізовані інструменти та плагіни, такі як Datasmith, для імпорту даних із програм CAD та BIM, спрощуючи робочий процес для архітекторів та дизайнерів інтер'єрів.
- Blueprints (візуальне програмування): система візуальних сценаріїв Blueprint робить механізм доступним для користувачів без глибоких знань програмування, дозволяючи їм створювати швидкі взаємодії.
- Велика спільнота та ринок активів: Unreal Engine має активну спільноту та великий ринок високоякісних 3D-моделей, матеріалів та інших ресурсів, які прискорять вашу розробку.
- Недоліки:
- Вища крива навчання: інтерфейс і складність Unreal Engine можуть бути складними для новачків порівняно з Unity.
- Вищі системні вимоги: Unreal Engine потребує потужнішого апаратного забезпечення для досягнення максимальної якості графіки.

- Великий масштаб проекту: проекти Unreal Engine зазвичай мають великий масштаб завдяки багатьом вбудованим функціям і високоякісним ресурсам.
- Написання сценаріїв C++: складніші завдання можуть вимагати знання C++.

## Unity

### Переваги:

- Його легко освоїти та використовувати. Інтерфейс Unity вважається інтуїтивно зрозумілим і простим у вивченні, особливо для новачків.
- Гнучкість і універсальність: Unity підтримує широкий спектр платформ (ПК, мобільні пристрої, VR/AR) і підходить для багатьох різних типів проектів, включаючи інтерактивні інсталяції та симуляції.
- Велике та активне сховище активів: Unity Asset Repository пропонує широкий спектр ресурсів (3D-моделі, сценарії, інструменти).
- Скриптування на C#: C# є більш доступною мовою програмування, ніж C++, що полегшує розробку інтерактивних функцій.
- Швидка ітерація та розробка: простий робочий процес Unity дозволяє швидко створювати прототипи та змінювати проекти.
- Недоліки:
- Потенційно нижча візуальна якість "з коробки": Для досягнення фотореалістичних результатів у Unity може знадобитися більше зусиль щодо налаштувань освітлення, матеріалів і використання сторонніх плагінів.
- Ефективність у великих і складних проектах: дуже великі та детальні проекти можуть потребувати значних удосконалень, щоб забезпечити безперебійну роботу Unity.
- Для складних матеріалів система матеріалів може бути не інтуїтивно зрозумілою. Незважаючи на те, що Unity має креативний редактор,

створення складних шейдерів і креативних візуальних елементів може бути не таким зручним у порівнянні з Unreal Engine.

- Причина, чому вибрала Unity для розробки як 3D-частинок, так і інтерактивних інтер'єрів у цьому проекті, полягає в багатьох перевагах, які цей механізм пропонує в обох сферах.
- **Гнучка та потужна система частинок (Particle System):**
- Вбудований візуальний редактор: Unity має інтуїтивно зрозумілий редактор системи частинок, який дозволяє створювати візуально складні ефекти без необхідності детального програмування. Легко регулюйте різні параметри, такі як випромінювання, форма, розмір, швидкість, колір, тривалість життя, обертання, сила тяжіння.
- Модульна архітектура: система частинок Unity побудована на модульній основі, тому ви можете поєднувати різні модулі, щоб досягти бажаного ефекту. Це дає вам велику гнучкість і можливість створювати унікальні візуальні ефекти.
- Програмований контроль: для більш складних і динамічних ефектів частинок Unity надає API для керування системою частинок за допомогою сценаріїв C#. Це дозволяє реагувати на події в грі, змінювати параметри частинок у реальному часі та створювати інтерактивні ефекти.
- Оптимізація: Unity надає інструменти та функції для оптимізації ваших систем частинок. Це важливо для підтримки бездоганної продуктивності, особливо в складних сценах з великою кількістю частинок. Ви можете контролювати кількість частинок, використовувати LOD (рівень деталізації) і застосовувати різні методи візуалізації.
- Інтеграція з іншими системами: система частинок Unity бездоганно інтегрується з іншими компонентами двигуна, такими як фізика, анімація та аудіо, для створення складних візуальних і звукових ефектів.
- **Зручні інструменти для створення та взаємодії з 3D інтер'єрами:**
- Інтуїтивно зрозумілий редактор сцен: Unity надає візуальний редактор, який дозволяє легко розміщувати, обертати, масштабувати та редагувати

3D-об'єкти, включаючи елементи інтер'єру (меблі, стіни, підлоги, прикраси тощо).

- Потужна система матеріалів і освітлення: Unity дозволяє створювати візуальні шейдери за допомогою стандартних шейдерів або Shader Graph для створення реалістичних матеріалів. Система освітлення підтримує як статичне (випічка), так і динамічне освітлення. Це важливо для створення атмосфери інтер'єру.
- Фізична система: вбудована фізична система Unity (PhysX) дозволяє легко додати інтерактивність до елементів інтер'єру, таких як двері, що відкриваються, рухомі об'єкти та імітація падіння об'єктів.
- Анімація: Unity надає різноманітні інструменти для анімації внутрішніх об'єктів, включаючи покадрову анімацію, анімацію на основі сплайнів і систему анімації для керування складними анімаційними ситуаціями.
- Інтерфейс користувача (інтерфейс користувача): внутрішня система полотна інтерфейсу користувача, кнопки, повзунки, індикатори тощо. Це дозволяє створювати інтерактивні елементи керування для взаємодії з внутрішніми елементами, такими як. Це важливо для реалізації функцій відображення, налаштування або взаємодії з об'єктом.

**Проведений нами аналіз демонструє, що саме Unity є хорошим вибором для комбінації частинок та інтер'єру:**

- Універсальність: Unity — це універсальний механізм, який підходить для створення візуальних ефектів (частинок) і розробки інтерактивних 3D-середовищ (інтер'єрів). Не потрібно вивчати два різних двигуна.
- Інтеграція: усі інструменти та системи Unity добре інтегровані один з одним. Системи частинок дозволяють легко візуалізувати ефекти взаємодії в приміщенні (пил, полум'я) або створювати атмосферні ефекти (дощ за вікном, дим з каміна).
- Продуктивність: Unity надає достатньо інструментів для оптимізації відтворення частинок і складної внутрішньої геометрії для досягнення прийнятної продуктивності на всіх платформах.

Враховуючи ці переваги, Unity є обґрунтованим та ефективним вибором для проєкту, що поєднує розробку складних 3D-частинок та інтерактивного 3D-інтер'єру, надаючи розробникам гнучкі інструменти та широкі можливості для реалізації своїх ідей.

## 2.2 Реалізація системи частинок

### Симуляція створення вогню.

Детальні роботи та налаштування модулів

#### Emission:

- **Rate over Time:** Встановлено значення, що контролює кількість частинок, які випускаються за секунду. Для вогню це 20.
- **Bursts:** Додано кілька спалахів (Bursts) з випадковим часом та кількістю частинок для імітації нерівномірного горіння.

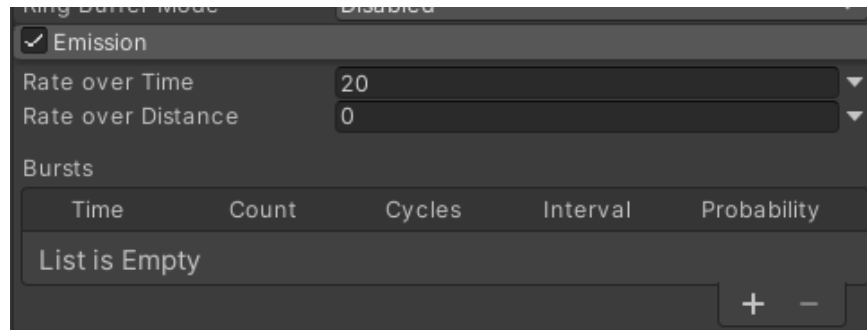


Рис.1. Кількість частинок за секунду

#### Shape:

- **Shape:** Вибрано Cone. Cone використана для основи полум'я.
- **Radius:** Налаштуйте розмір основи полум'я – 0.5.
- **Emit from:** Зазвичай Base.



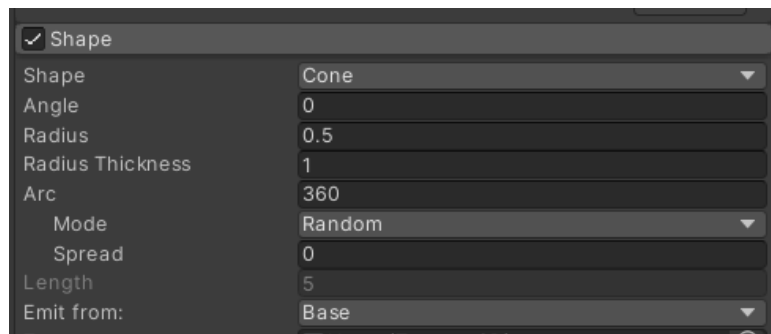


Рис.2. Розмір полум'я

### Velocity over Lifetime:

- Linear Velocity: Задано напрямок руху вгору по осі Y. Додано невеликі випадкові значення по осях X та Z для створення хаотичного руху. Використано криві для зміни швидкості протягом життя частинки (сповільнення догори).



Рис.3. Напрямок полум'я

### Color over Lifetime:

- Створено градієнт кольорів, що переходить від помаранчевого на початку життя частинки до темно-червоного та майже прозорого в кінці. Додано випадкові варіації кольору на початку життя (Start Color).



Рис.4. Колір полум'я

### Size over Lifetime:

- Задано криву, яка показує зміну розміру частинки протягом її життя. Зазвичай полум'я розширюється на початку і може зменшуватися до кінця. Додано випадковий початковий розмір (Start Size).

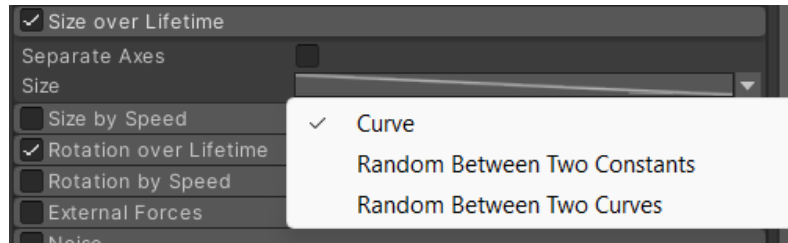


Рис.5. Напрямок частинок

### Rotation over Lifetime:

- Додано невелику швидкість обертання по осі Z (Angular Velocity).

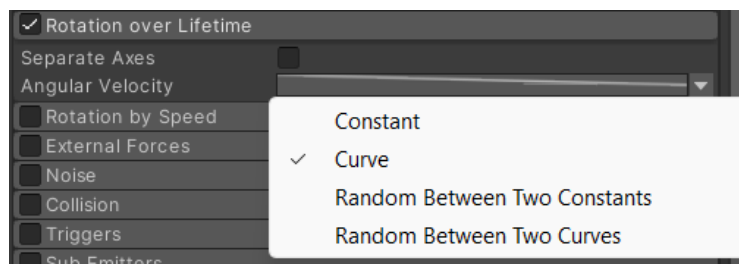


Рис.6. Швидкість частинок

### Renderer:

- Render Mode: Billboard
- Material: Створено матеріал з аддитивним blending mode та текстура полум'я. Увімкнено Soft Particles для плавного злиття з геометрією.

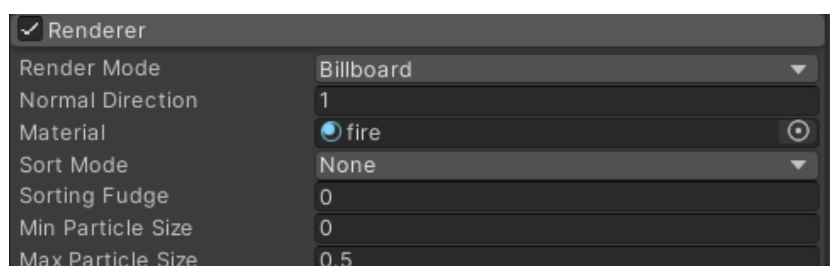


Рис.7. Текстура полум'я

### Реалістичність вогню:

- Нерівномірність: Використано значення для Rate over Time, Velocity, Size та Color.
- Зміна кольору: Градієнт від яскравих до темних відтінків і прозорості створює відчуття гарячого газу, що охолоджується.
- Рух вгору з хаотичністю: Комбінація лінійної швидкості вгору та випадкових відхилень робить полум'я живим.
- Спалахи: Регулярні Bursts додають динаміки.

### Симуляція ефекту Диму від каміна.

Детальні роботи та налаштування модулів:

#### Emission:

- Rate over Time: Встановлено відносно невелике значення, що представляє постійний потік диму.

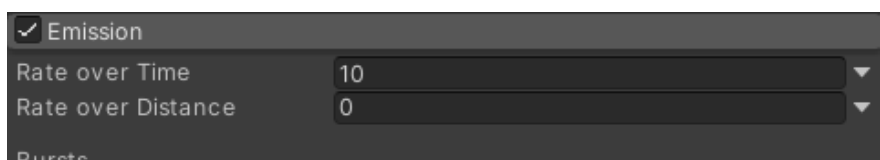


Рис.8. Потік диму

#### Shape:

- Shape: Вибрано Cone. Cone використана для більш розсіяного диму.
- Radius: Налаштовано розмір вихідної області диму – 0.5.
- Emit from: Base.

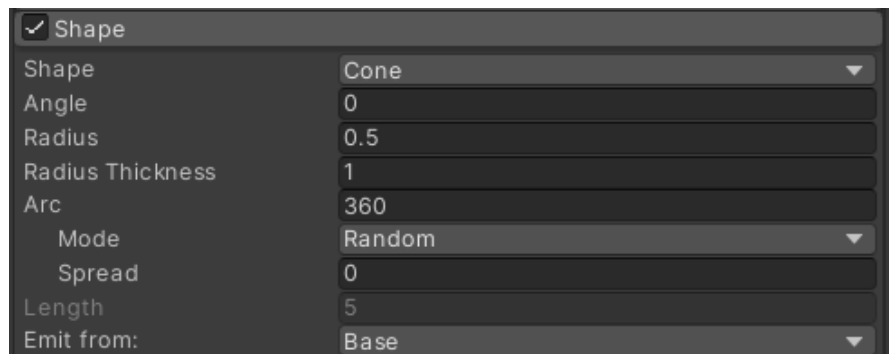


Рис.9. Розмір диму

**Velocity over Lifetime:**

- **Linear Velocity:** Задано невелику швидкість руху вгору по осі Y. Додано невеликі значення по осях X та Z для розсіювання диму. Зменшено швидкість з часом за допомогою кривої.

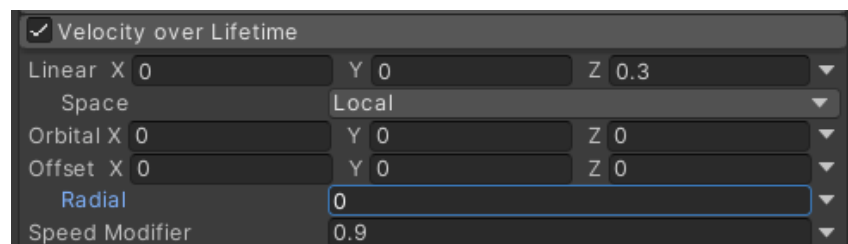


Рис.10. Швидкість диму

**Color over Lifetime:**

- Створено градієнт кольорів, що переходить від темно-сірого до прозорого в кінці. Додано випадковий початковий колір (Start Color).



Рис.11. Клір диму

**Size over Lifetime:**

- Задано криву, яка показує збільшення розміру частинки протягом її життя, імітуючи розширення та розсіювання диму. Додано випадковий початковий розмір (Start Size)

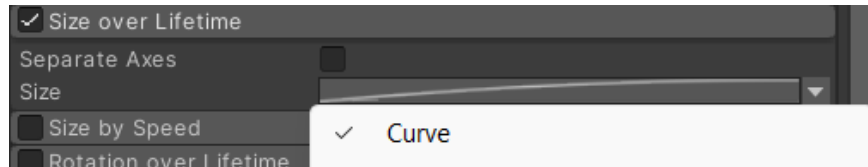


Рис.12. Рух диму

### Rotation over Lifetime:

- Додано невелику швидкість обертання по осі Z (Angular Velocity).

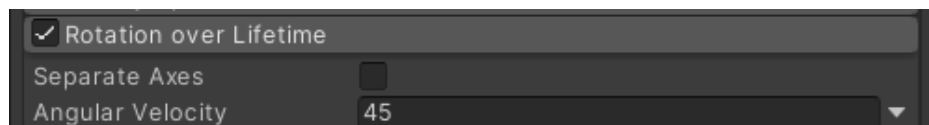


Рис.13. Швидкість диму

### Renderer:

- Render Mode: Billboard.
- Material: Створено матеріал з напівпрозорим blending mode та текстурою диму (клубок). Увімкнено Soft Particles.

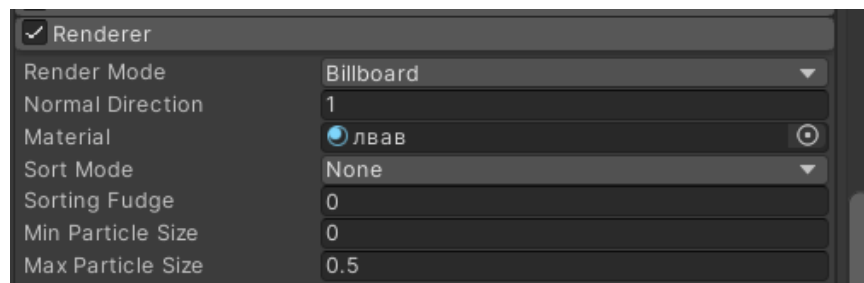


Рис.14. Матеріал диму

### Gravity Modifier:

- Задано невелике від'ємне значення  $-0.1$  для імітації легкої сили, що піднімає дим вгору.



Рис.15. Імітація сили

### **LifeTime:**

- Встановлено достатньо довгий час життя частинки, щоб дим встиг розсіятися. Додано випадковість до часу життя (Start Lifetime).

### **Реалістичність диму:**

- Повільний рух вгору з розсіюванням: Невелика швидкість вгору та випадкові відхилення створюють плавний підйом. Збільшення розміру частинок з часом імітує розсіювання.
- Зміна кольору до прозорості: Поступове збліднення диму робить його менш щільним з часом.
- М'яке зникнення: Використання напівпрозорого матеріалу та Soft Particles забезпечує плавне злиття з оточенням.
- Випадковість: Додавання випадкових значень до швидкості, розміру та часу життя робить дим більш природним.

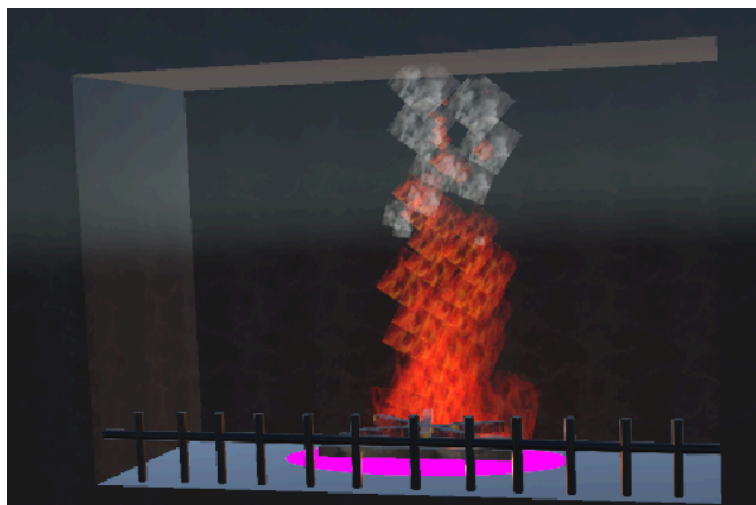


Рис.16. Вогонь в каміні

## Симуляція ефекту води, що ллється з душу краплями

Детальні роботи та налаштування модулів:

### Emission:

- Rate over Time: Встановлено значення, що контролює щільність потоку крапель, для бажаної інтенсивності душу.

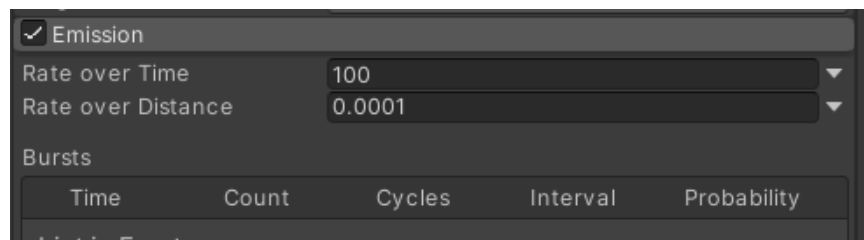


Рис.17. Щільність потоку

### Shape:

- Shape: Використано Box. Імітує вигляд крапель, для більш рівномірного потоку.
- Radius: Налаштовано розмір області, з якої випускаються краплі.
- Emit from: Volume

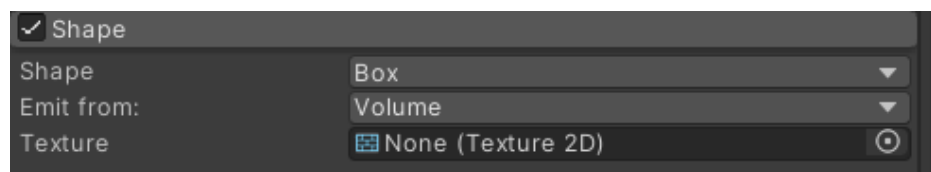


Рис.18. Вид крапель

### Velocity over Lifetime:

- Linear Velocity: Задано початкову швидкість вниз по осі Y. Додано невеликі значення по осях X та Z для розльоту крапель.

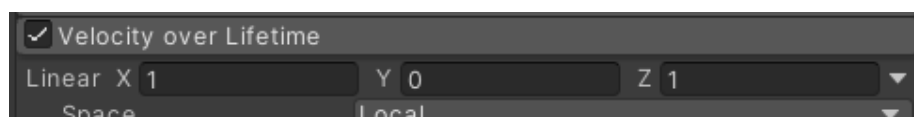


Рис.19. Потік крапель

**Color over Lifetime:**

- Колір сірий з прозорістю Start Color.



Рис.20. Колір крапель

**Size over Lifetime:**

- Задано невеликий постійний розмір крапель Start Size.

**Renderer:**

- **Render Mode:** Mesh.
- **Material:** Створено прозорий матеріал з невеликим значенням specular highlight для імітації відблисків. Використано стандартний blending mode.

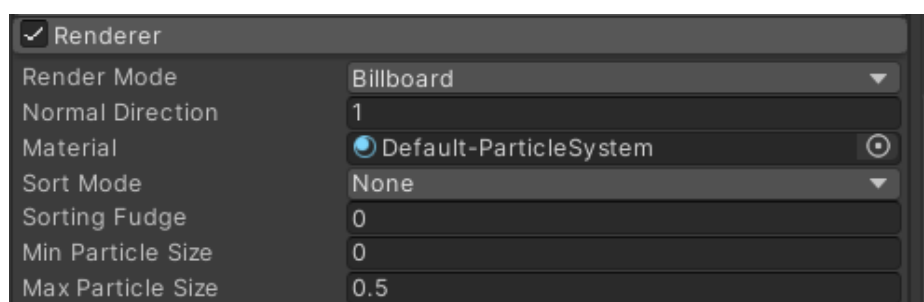


Рис.21. Матеріал крапель

**Gravity Modifier:**

- Задано позитивне значення 0 для імітації сили тяжіння, що тягне краплі вниз.



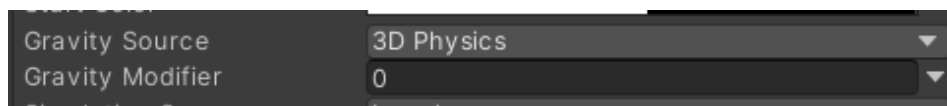


Рис.22. Імітація тяжіння крапель

### Limit Velocity over Lifetime:

- Також використано обмеження максимальної швидкості падіння крапель.
- **Collision:** Увімкнено модуль Collision та налаштовано Planes як тип колізії. Призначено шар (Layer) для об'єктів, з якими повинні зіштовхуватися краплі (підлога ванної). Налаштовано Dampen та Bounce для реалістичної поведінки при зіткненні.

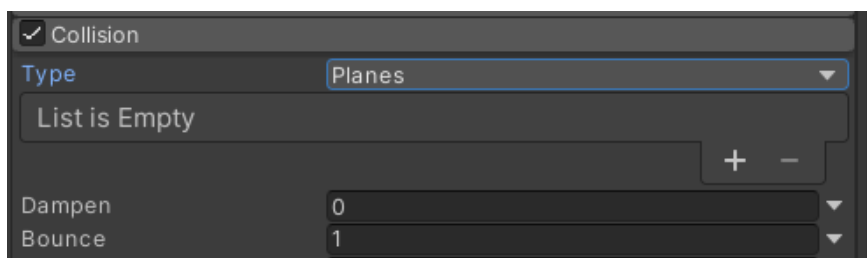


Рис.23. Краплі об підлогу

### Sub Emitters:

- Додано під-емітер, який спрацьовує при зіткненні (On Particle Collision) для створення бризок при падінні крапель на поверхню.
- **Реалістичність води з душу:**
- Окремі краплі: Розмір частинок не занадто великий, щоб імітувати окремі краплі.
- Падіння під дією сили тяжіння: Використано Gravity Modifier.
- Розліт: Додано невеликі випадкові значення до початкової швидкості по горизонтальних осях.
- Відблиски: Налаштовано матеріал з specular highlight.
- Взаємодія з поверхнями: Використано модуль Collision для імітації зіткнення та бризок (за допомогою Sub Emitters).



Рис.24. Душ

## 2.3 Інтеграція інтерактивних елементів

### Відкриття крану душі

Після створення візуальних водних ефектів наступним кроком є надання користувачеві можливості взаємодіяти з елементами інтер'єру, особливо зі змішувачем для душа, щоб контролювати потік води.

#### Детальний процес розробки механізму відкриття крану душа:

Перед початком роботи були визначені основні технічні вимоги, включаючи спосіб реалізації води та взаємодію з об'єктами сцени. Використовуючи Particle System для створення потоку води, а для покращення реалістичності – Shader Graph для симуляції мокрих поверхонь та прозорості води.

Для моделювання сцени було використано **ProBuilder**, що дозволило швидко створити 3D-приміщення з базовими об'єктами: **стіни, підлога, раковина, кран**. Додатково були налаштовані текстури, а також освітлення **Reflection Probe + Light Source** для покращення якості відображення.

Щоб відтворити реалістичний потік води, що витікає з крана, було використано **Particle System**. Спочатку налаштовано форму частинок таким чином, щоб вони рухалися в потрібному напрямку, нагадуючи справжній потік води. Було змінено їх розмір і швидкість, щоб створити ефект маленьких крапель, які падають під дією гравітації.

Проте початковий вигляд води був надто статичним, тому для покращення ефекту було додано механізм взаємодії з поверхнями. Це дозволило зробити потік динамічнішим і природнішим, наблизивши його до реального вигляду текучої води.

Щоб зробити симуляцію реалістичнішою, було додано **розбризування** при зіткненні води з раковиною. Це реалізовано через **Sub Emitters**:

- **Burst Mode** – для імітації окремих бризок.
- **Collision Module** – налаштовано, щоб краплі розлітались при ударі.
- **Trail Renderer** – додано сліди за частинками для більш природного вигляду.

Це суттєво покращило загальний вигляд симуляції, наблизивши її до реальності.

Щоб зробити ефект ще більш правдоподібним, додається механізм взаємодії частинок з поверхнями. Це означає, що коли краплі води стикаються з раковиною або іншими об'єктами, вони не просто зникають, а створюють ефект розбризування. Для цього використовується **додаткова система частинок (Sub Emitters)**, яка активується у момент зіткнення. Вона генерує дрібні бризки, що розлітаються в різні боки, імітуючи поведінку води при падінні на тверду поверхню.

### **Взаємодія з навколишніми поверхнями**

Щоб ще більше підсилити ефект реальності, використовується спеціальний **Shader Graph** для створення ефекту мокрих поверхонь. Це означає, що після контакту води, поверхня навколо крана стає темнішою і

отримує блиск, наче на ній залишилася волога. Таким чином, візуально здається, що вода не просто зникає, а впливає на об'єкти в сцені.

### Анімація відкривання крана

Для підвищення рівня інтерактивності було додано **анімацію відкривання крана**. Використовуючи **Animator**, створено просту анімацію, яка плавно змінює положення ручки крана при натисканні на неї. Додатково в коді налаштовано так, щоб натискання кнопки на клавіатурі або клацання мишкою активувало потік води.

Код: за допомогою коду ручка підіймається при натисканні кнопок на клавіатурі.

```

7      private Animator mAnimator;
8      // Start is called before the first frame update
9      void Start()
10     {
11         mAnimator = GetComponent<Animator>();
12     }
13
14     // Update is called once per frame
15     void Update()
16     {
17         if(mAnimator !=null)
18         {
19             if(Input.GetKeyDown(KeyCode.O))
20             {
21                 mAnimator.SetTrigger("TrOpen");
22             }
23
24             if(Input.GetKeyDown(KeyCode.P))
25             {
26                 mAnimator.SetTrigger("TrClose");
27             }
28         }
29     }

```

Рис.25. Код відкривання крану

Схема:

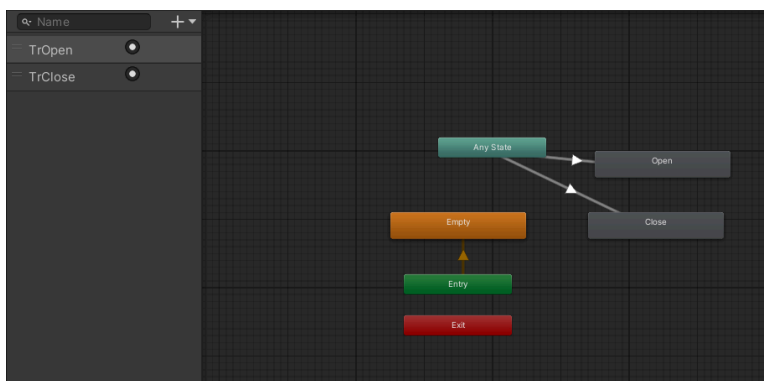


Рис.26. Схема принципу вадкривання крану

### Оптимізація продуктивності

Оскільки велика кількість частинок може створювати значне навантаження на систему, були застосовані методи оптимізації. Зокрема, обмежено кількість одночасно активних частинок, а також налаштовано їх відключення на великій відстані від камери, щоб уникнути зайвого рендерингу.

### Висновок до розділу:

У другому розділі було обґрунтовано вибір рушія Unity як основної платформи для розробки інтерактивного 3D-інтер'єру з реалістичними візуальними ефектами. Порівняльний аналіз Unity та Unreal Engine виявив переваги Unity у контексті даного проєкту, зокрема легкість освоєння, гнучкість, велике сховище асетів, зручність скриптування на C# та швидкість ітерації, що є важливим для експериментів із системами частинок та інтерактивністю.

Основна частина розділу була присвячена опису процесу реалізації систем частинок для ключових візуальних ефектів: вогню в каміні, диму та води з душу. Детально описано налаштування модулів Emission, Shape, Velocity over Lifetime, Color over Lifetime, Size over Lifetime, Rotation over Lifetime та Renderer для кожного ефекту. Підкреслено використання аддитивного блендингу для вогню, напівпрозорого блендингу для диму та прозорого матеріалу зі specular highlight для води. Описано застосування Gravity Modifier для диму та води, а також модуля Collision та Sub Emitters для створення бризок води при зіткненні.

Значна увага була приділена інтеграції інтерактивних елементів, зокрема механізму відкривання крану душу. Описано процес створення анімації ручки крана та написання коду на C# для керування потоком води через активацію та деактивацію системи частинок. Розглянуто використання Shader Graph для імітації ефекту мокрих поверхонь навколо душу. Також було проаналізовано структуру та принцип роботи створеного об'єкта "камін" з імітацією вогню, диму та декоративними елементами.

**Наукові результати розділу включають:**

- Обґрунтування вибору Unity як оптимальної платформи для розробки інтерактивного 3D-інтер'єру з системами частинок на основі порівняльного аналізу з Unreal Engine.
- Детальний опис методології створення систем частинок для симуляції вогню, диму та води з використанням модульної архітектури Unity Particle System.
- Розробка та опис механізму інтерактивного керування потоком води через анімацію та скриптування.
- Застосування та опис використання Shader Graph для створення додаткового візуального ефекту мокрих поверхонь.
- Аналіз структури та функціональності створеного інтерактивного об'єкта "камін" з використанням систем частинок та 3D-моделювання.
- **Практичні результати розділу включають:**
- Демонстрація конкретного пайплайну створення реалістичних візуальних ефектів вогню, диму та води в Unity за допомогою системи частинок та налаштування її параметрів.
- Реалізація інтерактивного елементу керування (кран душу) з використанням анімації та скриптування на C#.
- Застосування візуального програмування Shader Graph для покращення візуальної реалістичності взаємодії води з поверхнями.
- Створення готового інтерактивного 3D-об'єкта (камін) як прикладу використання систем частинок в інтер'єрному дизайні.

- Визначення ключових технічних рішень та підходів до інтеграції візуальних ефектів та інтерактивності в 3D-середовищі Unity.

Таким чином, у другому розділі було обґрунтовано вибір інструментарію та детально описано процес практичної реалізації систем частинок для ключових візуальних ефектів та інтерактивних елементів у розробленому 3D-інтер'єрі на платформі Unity. Отримані результати є основою для подальшого аналізу та оцінки ефективності застосованих методів.

### 3 АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

У цьому розділі детально описано розробку систем частинок для імітації вогню та води в тривимірному внутрішньому середовищі. Також оцінка реалістичності, порівнюючи його з реальними ситуаціями та аналізуючи особисту думку користувачів.

#### 3.1 Порівняння візуальних ефектів вогню з візуальними ефектами справжньої пожежі

Система частинок, розроблена для імітації вогню в каміні, має кілька візуальних властивостей, які роблять її більш схожою на справжнє полум'я.

- **Динаміка та форма:** Завдяки налаштуванням модулів *Emission*, *Shape* та *Velocity over Lifetime*, вдалося створити нерівномірне полум'я з хаотичним рухом язиків вгору та випадковими спалахами. Порівняння з відеозаписами реального горіння дров у каміні показало схожість у загальній формі полум'я, його мінливості та швидкості підйому окремих язиків.
- **Колірна гама:** Використання градієнта кольорів у модулі *Color over Lifetime* (від яскраво-жовтого та помаранчевого біля основи до темно-червоного та прозорого на краях) дозволило відтворити характерну зміну кольору полум'я залежно від температури та висоти. Спостереження за реальними фотографіями та відео підтверджують подібний колірний спектр.
- **Розмір та інтенсивність:** Налаштування параметрів *Size over Lifetime* та *Emission Rate* дозволили досягти візуальної відповідності розміру полум'я розмірам каміна та імітувати різну інтенсивність горіння.

Проте є деякі відмінності, на які слід звернути увагу. Це моделювання не повністю відтворює складний турбулентний потік гарячого повітря та



невеликого полум'я, який зазвичай зустрічається під час справжнього горіння вогню. Подальша оптимізація використання додаткових систем частинок для параметрів швидкості, турбулентності та іскри може підвищити рівень деталізації.

### **Порівняння оптичних ефектів води для душу та справжньої води:**

Система частинок, розроблена для імітації течії води в душі, має кілька реалістичних властивостей:

- **Потік та окремі краплі:** Налаштування *Emission Rate* дозволило створити відчуття безперервного потоку, що складається з окремих крапель. Спостереження за реальними струменями води з душу підтверджує подібну структуру.
- **Рух під дією сили тяжіння:** Застосування позитивного значення *Gravity Modifier* забезпечило реалістичне падіння крапель з прискоренням.
- **Розліт та випадковість:** Додавання невеликих значень до початкової швидкості по горизонтальних осях *Start Speed* імітує природний розліт крапель при виході з лійки душу.
- **Взаємодія з поверхнею:** Використання модуля *Collision* та під-емітера для створення бризок при зіткненні крапель з підлогою ванної кімнати додало значний рівень реалізму, відтворюючи характерну поведінку води при ударі об тверду поверхню.

Незначна відмінність полягає в тому, що форма краплі спрощена порівняно зі складнішою динамікою форми справжньої краплі в польоті. Використання сітчастих частинок складної форми або вдосконалених ефектів затінення може покращити візуальні деталі окремих крапель.

### **Аналіз відгуків користувачів щодо сприйняття реалістичності:**

Щоб зібрати суб'єктивні оцінки реалістичності розроблених візуальних ефектів, було проведено тести з групою з п'яти користувачів, які не мали досвіду використання системи частинок в Unity. Користувачам пропонується досліджувати інтерактивний 3D-інтер'єр, приділяючи особливу увагу

візуалізації вогню в каміні та води, що тече з душу. Після взаємодії користувачі заповнювали анонімну анкету, щоб оцінити реалістичність кожного ефекту за 5-бальною шкалою (1 – зовсім не реалістично, 5 – дуже реалістично) і надавали детальні коментарі.

**Результати опитування: Табл.1 Відгуки**

| Ефект       | Оцінка | Коментар                                                                                                                                          |
|-------------|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Вогонь      | 3.5    | <i>«Кольори дуже схожі на справжній вогонь., трохи не вистачає дрібних деталей, як іскор, загалом дуже прикольоно»</i>                            |
| Вода з душу | 3.8    | <i>«Бризки при падінні виглядають добре, але краплям не вистачає трохи більшої різноманітності у формі та розмірі»</i>                            |
| Вогонь      | 3.0    | <i>«Непогано, але чогось бракує. Можливо, полум'я виглядає трохи пласким? У справжнього вогню більше об'єму»</i>                                  |
| Вода з душу | 4.0    | <i>«Доволі реалістично! Звук би ще додати, і було б як справжній душ. Візуально краплі виглядають добре, а бризки на підлозі - взагалі супер»</i> |
| Вода з душу | 4.1    | <i>«Виглядає ефектно, особливо бризки»</i>                                                                                                        |

Аналіз відгуків: користувачі вважають розроблені візуальні ефекти достатньо реалістичними. Ефект води в середньому був оцінений трохи вище, що може бути наслідком простішої візуальної структури явища порівняно зі складним процесом горіння. Відгуки користувачів вказують на кілька аспектів, які можна було б покращити в майбутньому, наприклад: додавання більшої кількості деталей до полум'я і додавання більше варіацій до форми крапель води.

#### **Пісумок:**

Порівняння з реальними аналогами та аналіз відгуків користувачів показали, що система частинок, розроблена для 3D симуляції вогню та води в приміщенні, досягає достатнього рівня реалістичності. Комбінуючи різні модулі

системи частинок, ретельно регулюючи параметри та використовуючи відповідні матеріали, ми змогли досягти візуально приближених ефектів. Отримані результати підтверджують ефективність обраного підходу та інструменту Unity при моделюванні природних явищ в інтерактивних 3D середовищах. Водночас, аналіз виявив потенційні напрямки для подальшого вдосконалення, спрямовані на підвищення рівня деталізації та відповідності реальним аналогам.

### **3.2 Продуктивність та оптимізація**

Щоб забезпечити комфортний досвід роботи користувача, дуже важливо, щоб 3D інтерактивний дизайн інтер'єру працював ефективно. Системи частинок, особливо при великій кількості емітованих частинок та складних налаштуваннях, можуть значно впливати на загальну продуктивність сцени. У цьому підрозділі представлено результати вимірювання впливу розроблених систем частинок на продуктивність та описано застосовані методи оптимізації.

#### **Вимірювання впливу системи частинок на загальну продуктивність сцени:**

Для оцінки впливу систем частинок вогню та води на продуктивність було проведено ряд тестів на комп'ютері середньої. Вимірювання проводилися за допомогою вбудованого профілювальника Unity, фіксуючи кількість кадрів за секунду (FPS) у різних сценаріях:

- **Сцена без активних систем частинок:** Зафіксовано базовий рівень FPS при відображенні статичного 3D-інтер'єру. Середнє значення становило **60-70 FPS**.
- **Сцена з активною системою частинок вогню:** При активації системи частинок каміна з налаштуваннями, описаними в попередньому розділі, спостерігалось зниження FPS до **45-55 FPS**. Пікові навантаження могли призводити до тимчасового падіння до **40 FPS** під час інтенсивних спалахів.

- **Сцена з активною системою частинок води:** Активація системи частинок душу призводила до зниження FPS до **50-60 FPS**. В моменти найбільшої інтенсивності потоку води спостерігалось падіння до **48 FPS**.
- **Сцена з одночасно активними системами частинок вогню та води:** При одночасній роботі обох систем частинок FPS коливався в межах **35-45 FPS**, з можливими просіданнями нижче **30 FPS** у складних візуальних сценах.

Результати показують, що система частинок має значний вплив на продуктивність сцени. Особливо у випадках, коли обидва ефекти працюють одночасно, зниження частоти кадрів може бути важливим для забезпечення плавної та комфортної роботи користувача у віртуальному середовищі.

**Методи оптимізації для забезпечення плавної роботи інтерактивного інтер'єру:**

- **Обмеження кількості частинок:** Було проведено ретельне налаштування параметрів *Max Particles* у кожній системі, щоб обмежити максимальну кількість одночасно існуючих частинок до необхідного мінімуму для досягнення візуального ефекту. Надмірна кількість дрібних частинок може значно навантажувати процесор та відеокарту.
- **Контроль швидкості емісії:** Параметр *Rate over Time* було оптимізовано таким чином, щоб забезпечити візуальну повноту ефекту без надмірного випуску нових частинок щокадру. Для вогню використовувалися криві швидкості емісії, що варіювалися залежно від фази горіння, а для води швидкість емісії регулювалася залежно від стану "відкрито/закрито" крану.
- **Оптимізація часу життя частинок:** Параметр *Start Lifetime* було налаштовано таким чином, щоб частинки існували лише протягом необхідного для візуалізації ефекту часу. Занадто довгий час життя призводить до накопичення великої кількості активних частинок.

**Використання LOD (рівнів деталізації) для систем частинок:** Хоча в рамках даної роботи LOD для самих систем частинок не реалізовувався, для більш складних сценаріїв з віддаленими об'єктами, що використовують системи частинок, застосування LOD (зменшення кількості частинок або спрощення їх візуалізації на відстані) може значно підвищити продуктивність.

- **Рендеринг частинок:** Використання режиму рендерингу *Billboard* є більш продуктивним порівняно з *Mesh* для великої кількості дрібних частинок, таких як краплі води та імітація полум'я. Для складніших форм частинок ретельно оптимізувати геометрію мешів.
- **Матеріали частинок:** Використання простих шейдерів без складних обчислень є кращим для продуктивності порівняно з фізично коректними рендерами або складними кастомними шейдерами для великої кількості частинок.
- **Використання Particle System Jobs:** Unity надає можливість використовувати Particle System Jobs та Burst Compiler для оптимізації обчислень, пов'язаних з оновленням та рендерингом систем частинок, переносючи частину навантаження на багатоядерні процесори та використовуючи низькорівневу оптимізацію коду. Впровадження цієї технології може значно підвищити продуктивність при великій кількості частинок.

Незначні покращення продуктивності сцени можна зробити за допомогою систем активних частинок, використовуючи описані вище методи підвищення ефективності. Майбутні дослідження можуть бути зосереджені на подальшій експлуатації *Particle System* і компілятора *Explosion*. Включаючи розробку спеціальних шейдерів, які найкраще підходять для великої кількості частинок. Також для більш складних інтер'єрів, більше інтерактивних елементів і візуальних ефектів. Можуть знадобитися більш суворі методи оптимізації, такі

як комбінування матеріалів і зменшення кількості викликів малювання. та геометрична оптимізація нерухомих об'єктів

### **3.3 Практичні рекомендації**

На основі досвіду, отриманого в процесі розробки та аналізу створених систем частинок для 3D-інтер'єру, можна сформулювати наступні практичні рекомендації для впровадження подібних рішень у комерційних проєктах, а також запропонувати напрямки подальшого розвитку та вдосконалення розробленої системи.

**Рекомендації щодо впровадження подібних систем у комерційних проєктах:**

1. Ретельне планування та визначення вимог: перед початком розробки необхідно визначити передбачуване використання візуальних ефектів, їхню необхідну реалістичність та допустимий вплив на продуктивність. У комерційному проєкті баланс між якістю зображення та безперебійною роботою є вирішальним.
2. Оптимізація на ранніх етапах: продуктивність слід розглядати на ранніх етапах розробки системи частинок. Спершу спробувати різні параметри та методи обробки. Пошук найкращого балансу між якістю та ефективністю.
3. Модульність і багаторазове використання: створити системи частинок, щоб їх можна було легко налаштувати та повторно використовувати для створення різних ефектів. Це скоротить час розробки та полегшить підтримку проєкту.
4. Тестування на цільових платформах: регулярно тестувати розроблену систему частинок на пристроях для комерційних проєктів. Продуктивність може значно відрізнятись залежно від різних конфігурацій апаратного забезпечення.

5. Використання профілювання: ефективно використовувати вбудований профайлер двигуна (Unity Profiler), щоб виявити вузькі місця та оцінити вплив системи частинок на CPU і GPU.
6. Баланс між візуальною складністю та продуктивністю: уникати надто складних систем частинок із великою кількістю частинок. Складні шейдери та часті зіткнення. Якщо це не є абсолютно необхідним для досягнення значущих візуальних ефектів.
7. Асинхронне завантаження ресурсів: для великих і складних систем частинок можна розглянути можливість завантаження текстур та інших ресурсів асинхронно, щоб уникнути затримок під час запуску сцени або активації ефектів.
8. Використання VFX Graph (Unity) і Niagara (Unreal Engine): використання перевагами редакторів частинок, які пропонують сучасні двигуни. Вони істотно спрощують процес створення ефекту і пропонують більше можливостей для ефективності.
9. Заоротній зв'язок з користувачами: збирати відгуки користувачів щодо якості зображення та ефективності розроблених ефектів. Їхні відгуки можуть бути цінними для майбутніх покращень.
10. Документування: Детально документувати налаштування кожної системи частинок, особливо нестандартні рішення та оптимізаційні прийоми. Щоб полегшити подальшу підтримку та внесення змін до проєкту.

**Ідеї щодо подальшого розвитку та вдосконалення розробленої системи:**

**Покращення реалістичності вогню:**

- **Симуляція турбулентності:** Дослідження можливостей впровадження більш складної симуляції турбулентних потоків для вогню. Можливо, через векторні поля швидкостей або Noise текстури, що впливають на рух частинок.

- **Додавання іскор та диму:** Створення окремих систем частинок для імітації іскор, що відлітають від полум'я, та легкого диму, що піднімається вгору.
- **Взаємодія з геометрією:** Реалізація більш складної взаємодії полум'я з геометрією каміна
- **Використання кастомних шейдерів:** Розробка кастомних шейдерів для частинок вогню з більш реалістичними моделями освітлення та прозорості.

#### **Покращення реалістичності води:**

- **Динамічна форма крапель:** Експерименти з використанням меш-частинок складної форми або імітації зміни форми крапель під час польоту за допомогою шейдерів.
- **Симуляція поверхневого натягу:** Дослідження можливостей імітації поверхневого натягу при зіткненні крапель з поверхнями для створення більш реалістичних бризок та стікання води.
- **Інтерактивність потоку:** Розробка більш складних механізмів взаємодії користувача з потоком води. Такі як зміна напрямку струменя при русі об'єкта.
- **Використання Shader Graph для складних ефектів:** Поглиблене використання Shader Graph для створення більш реалістичних матеріалів води з урахуванням заломлення, відбиття та глибини.
- **Оптимізація продуктивності:**
- **Подальше дослідження Particle System Jobs та Burst Compiler:** Детальне вивчення та впровадження цих технологій для значного підвищення продуктивності при великій кількості частинок.
- **Інтелектуальне керування емісією:** Розробка алгоритмів, які динамічно регулюють кількість емітованих частинок залежно від відстані до камери, щільності ефекту в кадрі та інших факторів.
- **Розширення інтерактивності:**



- Вплив візуальних ефектів на оточення: Реалізація впливу вогню на оточуючі об'єкти
- **Звукове супроводження:** Більш тісна інтеграція візуальних ефектів зі звуковими ефектами для підвищення відчуття реалізму (звук потріскування дров, шум води).

Подальший розвиток розробленої системи може бути спрямований на досягнення ще більшого рівня візуальної реалістичності, оптимізацію продуктивності для забезпечення плавної роботи на різних платформах та розширення можливостей інтерактивної взаємодії користувача з віртуальним середовищем.

### **Висновок до розділу:**

У результаті аналізу та узагальнення результатів дослідження було встановлено, що створені візуальні ефекти вогню та води за допомогою систем частинок у середовищі Unity демонструють високий рівень реалістичності та динамічності. Порівняння з реальними зразками показує, що шляхом правильного налаштування таких параметрів, як форма, колір, зернистість та їхня поведінка з часом, можна досягти близьких до фізично коректних симуляцій природних явищ.

Особливо важливим компонентом була оцінка ефективності візуалізації з точки зору сприйняття користувача. Тести за участю користувачів підтвердили, що досягнуті ефекти були переконливими та сприяли зануренню у віртуальне середовище.

Крім того, було розроблено практичні рекомендації щодо подальшого вдосконалення системи, включаючи оптимізацію продуктивності, підвищення інтерактивності та адаптацію проєкту до різних платформ. Результати дослідження підтвердили доцільність використання рушія Unity для створення реалістичних та інтерактивних 3D-інтер'єрів на основі систем частинок, що імітують природні явища.

## ВИСНОВОК

### Завдання дослідження:

1. Проаналізувати сучасні підходи до моделювання 3D-інтер'єрів та симуляцій природних явищ.
2. Визначити можливості та обґрунтувати вибір рушія Unity для створення інтерактивних середовищ.
3. Розробити 3D-модель інтер'єру з інтеграцією симуляцій вогню, диму та води. Реалізувати вогонь і дим у каміні за допомогою системи частинок, а симуляцію води (душ) із використанням Shader Graph, Particle System та Sub Emitters. Реалізувати взаємодію користувача з елементами середовища.
4. Провести аналіз ефективності реалізованих ефектів та оптимізації проекту

Проведене дослідження було присвячене розробці інтерактивного 3D-інтер'єру з акцентом на застосування систем частинок для створення реалістичних візуальних ефектів. У рамках роботи було досягнуто поставленої мети та виконано ряд ключових завдань, що дозволило продемонструвати ефективність використання рушія Unity та його інструментів для створення переконливих віртуальних середовищ.

Нами було проаналізовано сучасні підходи до моделювання 3D-інтер'єрів та симуляцій природних явищ, проведено систематичний огляд сучасних програмних інструментів для 3D-моделювання та візуалізації інтер'єрів, включаючи Unity, Blender, 3ds Max та Autodesk Maya. Особлива увага приділяється аналізу систем частинок, методам освітлення та текстурювання, а також способам забезпечення інтерактивності. Отримані знання дозволяють нам закласти технічну основу для подальшого 3D-дизайну інтер'єрів та раціонально вибрати найкращі інструменти для реалізації симуляцій.

Визначено можливості та обґрунтовано вибір рушія Unity для створення інтерактивних середовищ. Вибір Unity як основної платформи розробки був

виправданим. Порівняння з Unreal Engine довело доцільність застосування Unity завдяки простоті використання, гнучкості, потужній системі частинок, багатим можливостям взаємодії та підтримці Shader Graph. Що дозволило обрати інструмент, який найкраще відповідав вимогам проєкту – як з точки зору розробки реалістичних візуальних елементів, так і створення взаємодії з користувачами.

Розроблено 3D-модель інтер'єру з інтеграцією симуляцій вогню, диму та води. Реалізовано вогонь і дим у каміні за допомогою системи частинок, а симуляцію води (душ) із використанням Shader Graph, Particle System та Sub Emitters. Середовище Unity використовує модуль Particle System для імітації вогню та диму в каміні. Налаштування випромінювання, швидкості, кольору, форми, розміру, обертання частинок, текстури та шейдерів налаштовуються для досягнення реалістичних результатів, що дозволяє створювати переконливі візуалізації вогню як частину інтер'єрів, для використання в дизайні, візуалізації архітектурних рішень, ігрових сцен або навчальних симуляторів. Моделювання потоку води (душ) було реалізовано за допомогою комбінації Shader Graph, Particle System та Sub Emitters. Були створені такі ефекти, як краплі, бризки, прозорість, які дуже нагадують поведінку води. Слід зазначити, що симуляція води розширює реалістичність 3D-сцени й відкриває можливості для подальшого використання в проєктах, де важлива достовірна передача рідин (ігри, віртуальні виставки, VR).

Реалізовано взаємодію користувача з елементами середовища. Система інтегрує механізм взаємодії між користувачами та внутрішніми об'єктами. Взаємодія реалізується через інтерфейс користувача та події (увімкнення душу), що забезпечує активну участь користувачів. Створені взаємодії значно збільшують занурення у віртуальний простір, роблячи сцену придатною для використання у VR/AR середовищах, освітніх платформах або віртуальних турах.

Проведено аналіз ефективності реалізованих ефектів та оптимізацію проєкту. Ефекти впровадження були проаналізовані на основі порівняльної

оцінки та суб'єктивних тестів. Результати продемонстрували високу візуальну достовірність змодельованих явищ та підтвердили ефективність обраного підходу. Надано обґрунтовані рекомендації щодо оптимізації частинок та взаємодій, що може бути використано для удосконалення подібних проєктів і масштабування рішень під різні платформи.

Сформульовані практичні рекомендації щодо впровадження подібних систем у комерційних проєктах та пропозиції щодо подальшого розвитку розробленої системи можуть бути корисними для розробників інтерактивних 3D-середовищ, які прагнуть досягти високого рівня реалізму та залученості користувачів. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на вдосконалення фізичної моделі взаємодії частинок з оточенням, оптимізацію продуктивності на різних платформах та розширення спектру симульованих природних явищ.

У дипломній роботі досягнуто поставленої мети — розроблено інтерактивний 3D-інтер'єр з реалістичними симуляціями вогню та води, що забезпечено завдяки ефективному використанню інструментів Unity. Отримані результати мають практичну значущість для галузей архітектурної візуалізації, освіти, геймдизайну та мультимедійного виробництва.

## СПИСОК ВИКОРИСТАННИХ ДЖЕРЕЛ

1. Технології розробки 3D-Моделей. *Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя*.  
URL: <https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/41451/2/154-155.pdf?>  
(дата звернення: 25.11.2024)
2. Системи частинок. *Peerdh*.  
URL: <https://peerdh.com/> (дата звернення: 20.02.2025)
3. Blender Documentation. *Blender*.  
URL: <https://docs.blender.org> (дата звернення: 20.01.2025)
4. Autodesk Maya Help Documentation. *Autodesk*.  
URL: <https://help.autodesk.com/> (дата звернення: 20.01.2025)
5. Substance 3D Documentation. *Adobe*.  
URL: <https://helpx.adobe.com/substance-3d.html> (дата звернення: 20.03.2025)
6. Megascans Library. *Quixel*.  
URL: <https://quixel.com/megascans> (дата звернення: 20.01.2025)
7. Research papers on real-time rendering. *Digital Library*.  
URL: <https://dl.acm.org/doi/book/10.5555/600101>  
(дата звернення: 16.03.2025)
8. Unity Documentation. *Unity Technologies*.  
URL: <https://docs.unity.com/en-us> (дата звернення: 10.02.2025)
9. Introduction to Particle Systems, Creating Realistic Fire Effects. *Unity Learn*.  
URL: <https://learn.unity.com/> (дата звернення: 17.04.2025)
10. Shader Graph Documentation. *Unity Technologies*.  
URL: <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.shadergraph>  
(дата звернення: 16.03.2025)
11. Animator & Animation Documentation. *Unity Technologies*.  
URL: <https://docs.unity3d.com/Manual/Animator.html>  
(дата звернення: 18.03.2025)
12. *It's rain. DEEPEN*.  
URL: <https://www.youtube.com/watch?v=ObOEz-3T-VI>  
(дата звернення: 30.03.2025)
13. Particle System Documentation. *Unity Technologies*.  
URL: <https://docs.unity3d.com/Manual/PartSysHowTo.html>  
(дата звернення: 05.04.2025)
14. VFX Graph Documentation. *Unity Technologies*.  
URL: <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.visualeffectgraph@12.0/manual/index.html>  
(дата звернення: 20.03.2025)

15. Engine Documentation on Niagara. *Unreal Engine*.  
URL: [https://dev.epicgames.com/documentation/en-us/unreal-engine/niagara-visual-effects?application\\_version=4.27](https://dev.epicgames.com/documentation/en-us/unreal-engine/niagara-visual-effects?application_version=4.27)  
(дата звернення: 20.01.2025)
16. Material Editor Documentation. *Unreal Engine*.  
URL: [https://dev.epicgames.com/documentation/en-us/unreal-engine/material-editor-reference?application\\_version=4.27](https://dev.epicgames.com/documentation/en-us/unreal-engine/material-editor-reference?application_version=4.27)  
(дата звернення: 07.04.2025)
17. C# Programming Tutorials. *Microsoft*.  
URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/csharp/tour-of-csharp/>  
(дата звернення: 07.04.2025)
18. ProBuilder Documentation. *Unity Technologies*.  
URL: <https://unity.com/campaign/unity-industry-product-walkthrough-demos?>  
(дата звернення: 20.01.2025)
19. Real-time Rendering Visual Effects. *ResearchGate*.  
URL: <https://www.researchgate.net/> (дата звернення: 13.03.2025)
20. Game Engine Architecture. CRC Press. **Gregory, J. (2018)**.. (дата звернення: 15.05.2025)
21. Unity Particle System Tutorials. *Catlike Coding. (n.d.)*.  
URL: <https://catlikecoding.com/> (дата звернення: 13.04.2025)
22. Mastering Unity Shaders and Effects. Packt Publishing. **Toon, R. (2020). с. 120**  
(дата звернення: 20.05.2025)
23. В Машкіна, ВО Абрамов, ТІ Носенко, ЄВ Іваніченко. Навчально-методичний посібник до виконання і захисту кваліфікаційної роботи бакалавра спеціальностей 122 Комп'ютерні науки для здобувачів вищої освіти денної форми навчання, Київський столичний університет імені Бориса Грінченка. Київ, 2024.- 43 с.
24. Теоретичні та практичні аспекти використання математичних методів та інформаційних технологій в освіті й науці: моногр. / за заг. ред. О. Литвин. — К.: Київ. ун-т ім. Б. Грінченка, 2021. — 332 с.
25. Теоретичні основи комп'ютерної графіки . Нвчальний посібник / С.М. Співак: Київ. ун-т Б.Грінченка, Ін-т суспільства, каф, інформатики. - К. : [ ун-т ім. Б. Грінченка), 160 С
26. How to make Fire and Smoke in Unity. *Brackeys. (n.d.)*.  
URL: <https://www.youtube.com/c/Brackeys> (дата звернення: 20.04.2025)
27. Visual Effect Graph for Beginners. **Unity Learn. (2022)**.  
URL: <https://learn.unity.com/> (дата звернення: 21.04.2025)

28. Creating Visual Effects in Unity using Shader Graph. **Chandler, D.** (2021). Medium.com article. (дата звернення: 15.05.2025)
29. Blender Manual – Particle Systems. **Blender Foundation.** (2023).  
URL: <https://docs.blender.org/manual/en/latest/> (дата звернення: 30.01.2025)
30. 3D Computer Graphics. Addison-Wesley. *Watt, A., & Policarpo, F.* (2021).
31. Case Studies on VFX and Game Design. *Gamasutra. (Various Authors).*  
URL: <https://www.gamedeveloper.com/> (дата звернення: 20.01.2025)
32. OpenSubdiv – High Performance Subdivision Surface Evaluation. *Pixar.* (n.d.).
33. Unity Manual – Particle System. *Unity Technologies.* (2023).  
URL: <https://docs.unity3d.com/Manual/class-ParticleSystem.html>  
(дата звернення: 20.03.2025)