Міністерство освіти і науки України
Одеський національний технологічний університет
Кафедра комп’ютерної інженерії

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

на тему *Створення пакету візуальних ефектів*
(назва кваліфікаційної роботи згідно наказу ОНТУ)
для 2D-ігор

Здобувача *Алєксєєвої А. О.*
(прізвище, ініціали)

4 курсу *542а* групи

Керівники: *ст. викл. Жуковецька С.Л.*
(посада, прізвище та ініціали)
к.т.н., доц. Шестопалов С.В.
(посада, прізвище та ініціали)

Консультанти: _____
(посада, прізвище та ініціали)
Phd, ст.викл. Богданов О.О.
(посада, прізвище та ініціали)

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

Рішення кафедри від *05.06* 2024 р., протокол № *8*

Завідувач кафедри комп. інженерії _____ Сергій АРТЕМЕНКО
(назва кафедри) (підпис) (Ім’я ПРІЗВИЩЕ)

Одеса – 2024 рік

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет *комп'ютерної інженерії, програмування та кіберзахисту*
Кафедра *комп'ютерної інженерії*
Ступінь вищої освіти *бакалавр*
Спеціальність *123 «Комп'ютерна інженерія»*
Освітня програма *Розробка ігор та інтерактивних медіа у віртуальній реальності*

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри *комп'ютерної інженерії*
_____ *Сергій АРТЕМЕНКО*
« *30* » *серпня* 2023 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Алєксєєвої Анастасії Олександрівні

1. Тема роботи *Створення пакету візуальних ефектів для 2D-ігор*

Затверджена наказом університету від « *30* » *серпня* 2023 р., наказ № *442-03*

2 Термін здачі здобувачем закінченої роботи *28 травня 2024 р.*

3. Вихідні дані роботи

1. Візуальний редактор «Aseprite». 2. Ігровий рушій «Unity 3D».
3. Візуальний редактор «SAI» 4. Текстовий редактор Microsoft Word. .
5. Редактор презентацій Microsoft PowerPoint

4. Перелік питань, які потрібно розробити

1. Аналіз предметної області. 2. Розгляд існуючих аналогів. 3. Представлення проектної документації. 4. Розробка програмної частини гри. 5. Розрахунок економічних показників. 6. Розгляд охорони праці. 8. Загальні висновки.

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

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Економіка	*Phd, ст. викл. Богданов О.О.*		
Охорона праці	*ст. викл. Жуковецька С.Л.*		
Нормоконтроль	*ст. викл. Жуковецька С.Л.*		

7. Дата видачі завдання *30.08.2023*

Керівники *Світлана ЖУКОВЕЦЬКА*

Сергій ШЕСТОПАЛОВ

Завдання прийняв до виконання *Анастасія АЛЄКСЄЄВА*

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	*Аналіз предметної області*	*10.11.2023*	
2.	*Аналіз існуючих аналогів*	*20.11.2023*	
3.	*Створення візуальних ефектів для пакету візуальних 2D – ефектів*	*01.01.2024*	
4.	*Експорт візуальних ефектів у робоче середовище Unity*	*15.01.2024*	
5.	*Створення пакету візуальних 2D – ефектів та їх публікація на спеціалізований онлайн магазин*	*10.02.2024*	
6.	*Розробка економічної частини*	*10.04.2024*	
7.	*Розробка розділу охорони праці*	*25.04.2024*	
8.	*Оформлення пояснювальної записки*	*15.05.2024*	
9.	*Підготовка графічного матеріалу.*	*25.05.2024*	

Здобувач-дипломник _____ *Анастасія АЛЄКСЄЄВА*

Керівники роботи _____ *Світлана ЖУКОВЕЦЬКА*

_____ *Сергій ШЕСТОПАЛОВ*

Несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційної роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення кваліфікаційної роботи на офіційних web-ресурсах ОНТУ.

Підтверджую, що в кваліфікаційній роботі відсутні порушення норм академічної доброчесності.

Здобувач-дипломник *Анастасія АЛЄКСЄЄВА* _____

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота присвячена створенню пакету візуальних ефектів для 2*D*-ігор. Візуальні ефекти відіграють ключову роль у підвищенні якості геймплею та надання грі привабливості. 2*D*-ігри, які завжди були популярні серед незалежних розробників, мають велику потребу у візуальних ефектах, що підсилюють естетичну та емоційну складову ігор, а також для того, щоб розроблюємий продукт міг бути конкурентоспроможним. Саме тому створення пакету візуальних ефектів для 2D-ігор є ефективною та актуальною ідеєю.

В першому розділі розглянуті ключові особливості, які мають бути властиві до сучасних візуальних ефектів, та пакетів ігрових ассетів. Проведено аналіз існуючих аналогів 2*D*-ефектів у сучасних іграх.

В другому розділі були детально проаналізовані кроки для створення пакету візуальних ефектів для 2*D*-ігор. За результатом аналізу був сформований пайплайн для розробки результативного продукту.

У третьому розділі були обрані та обгрунтовані засоби розробки, показана покрокова реалізація розробки пакету ефектів за пайплайном, а також сформована фінальна версиія пакету.

У четвертому розділі проведена оцінка ефективності розробки пакету візуальних ефектів для 2*D*-ігор, описано маркетинговий, науково-технічний, економічний, соціальний ефект від розробки проекту.

У п'ятому розділі проаналізовані питання та сформовані правила та охорони праці.

Результатом роботи є демонстраційне відео із готовими візуальними ефектами у середовищі ігрового двигуна. Був розроблен та сформован пакет візуальних ефектів, готовий до розташування на онлайн - майданчиках.

Ключові слова: двигун *Unity*, візуальні ефекти, покадрова анімація, система частинок, *2D*.

ABSTRACT

The qualification work is devoted to the creation of a package of visual effects for 2D games. Visual effects play a key role in enhancing the quality of gameplay and making the game attractive. 2D games, which have always been popular among independent developers, have a great need for visual effects that enhance the aesthetic and emotional component of games, as well as for the product being developed to be competitive. That is why creating a package of visual effects for 2D games is an effective and relevant idea.

In the first section, the key features that should be characteristic of modern visual effects and game asset packages are considered. An analysis of the existing analogues of 2D effects in modern games is carried out.

In the second section, the steps for creating a visual effects package for 2D games were analyzed in detail. Based on the results of the analysis, a pipeline was formed for the development of an effective product.

In the third section, the means of development were selected and justified, the step-by-step implementation of the development of the effects package according to the pipeline was shown, and the final version of the package was formed.

The fourth chapter evaluates the effectiveness of the development of a package of visual effects for 2D games, describes the marketing, scientific and technical, economic, and social effects of the development of the project.

In the fifth chapter, issues are analyzed and rules and labor protection are formed.

The result of the work is a demo video with ready-made visual effects in the environment of the game engine. A package of visual effects was developed and formed, ready for placement on online platforms.

***Keywords**: Unity engine, visual effects, frame-by-frame animation, particle system, 2D*

ЗМІСТ

стор.

ВСТУП

Візуальні ефекти в комп'ютерних іграх – це спеціальні графічні елементи, створені для поліпшення візуального сприйняття ігрового світу. Вони можуть включати різні ефекти освітлення, тіні, текстури, анімації, частинки і багато іншого. Візуальні ефекти покликані робити ігровий світ більш реалістичним, емоційно насиченим та захоплюючим для гравців. Вони відіграють важливу роль у створенні атмосфери гри та залученні гравців до ігрового процесу.

Історія візуальних ефектів у комп'ютерних іграх пов'язана з еволюцією технологій та бажанням розробників створювати все більш переконливі ігрові світи. Починаючи з ранніх ігор у 1970-х та 1980-х, де графіка була простою та обмеженою, але еволюція візуальних ефектів продовжувала наростати.

З розвитком *3D*-графіки на початку 2000-х років, ігри почали використовувати текстури високої роздільної здатності, реалістичне освітлення, тіні та ефекти частинок. Сьогоднішні ігри на сучасних консолях та ПК пропонують вражаючі візуальні ефекти, включаючи фотореалістичну графіку, реалістичне освітлення та тіні, анімацію високої якості та безліч інших ефектів, роблячи ігрові світи більш живими, реалістичними та захоплюючими.

Актуальність теми. Візуальні ефекти грають величезну роль у розробці сучасних комп'ютерних іграх. З розвитком технологій та очікувань аудиторії візуальні ефекти стають все більш важливими для створення якісного ігрового досвіду. Найпопулярнішими представниками ігор з визначною реалізацією потенціалу візуальних ефектів на сьогоднішній день є *«Hollow Knight»* від *Team Cherry*[1], *«Ultrakill»* від *Hakita*[2] та *«Slime Rancher»* від *Monomi Park*[3].

Виходячи з того, що сучасні розробники постійно прагнуть вдосконалення візуальних ефектів у своїх іграх, щоб зробити ігровий процес ще більш цікавим, тема кваліфікаційної роботи є актуальною.

Зазначимо мету, об’єкт, предмет та задачі, які необхідно вирішити в ході даної роботи.

Метою роботи є створення пакету візуальних ефектів для *2D*-ігор.

Об'єктом дослідження є процеси створення пакету візуальних ефектів для *2D*-ігор.

Предметом дослідження є методи та процеси створення пакету візуальних ефектів для *2D*-ігор.

Основними задачами, які необхідно вирішити в ході роботи є:

1. Аналіз предметної області, дослідження існуючих аналогів та постановка задачі.
2. Дослідження засобів та технологій створення покадрової анімації.
3. Исследование средств и технологий создания эффектов с помощью системы частиц внутри игрового движка.
4. Разработка готового пакету візуальних ефектів для *2D*-ігор із подальшім додаванням пакету до спеціалізованих онлайн-майданчиків для поширення ігрових ассетів.

Методи розробки (дослідження). Для досягнення поставленої мети використовуються методи статистичного аналізу ефектів інших играх. У методиці проектування та розробки використовуються методи роботи із системою частинок, створення покадрової анімації, інтеграції сторонніх ефектів у середу розробки гри, методи комп'ютерної графіки та інформатики загалом.

Наукова новизна одержаних результатів. Запропоновано методи створення комплексних ефектів, що поєднують різні методи створення візуальних ефектів для отримання єдиного результату з високими можливостями конфігурації ефектів, які можуть використовуватися в подальших проектах.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблено низку різноманітних *2D* спецефектів методом об'єднання технологій покадрової анімації та технології вбудованої системи частинок. Розроблено ассет-пак з використанням запропонованих методів та технологій. Ассети та технології можуть бути використані в навчальному процесі здобувачів освіти університету, а також для продажу розробникам *2D* ігор через спеціалізовані онлайн-майданчики для поширення ігрових ассетів.

РОЗДІЛ 1
АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ІСНУЮЧИХ АНАЛОГІВ

1.1 Поняття застосування пакетів при створенні ігор

Пакети візуальних ефектів (*Visual Effects*, або *VFX*) є набором інструментів і ресурсів, що використовуються для створення різних візуальних ефектів в іграх. Ці ефекти можуть включати частки, погодні умови, освітлення, пост-обробку і багато інших візуальних елементів, які допомагають створити унікальну атмосферу і поліпшити візуальне сприйняття гри.

Пакети – це цифрові ресурси, що використовуються під час створення ігор, такі ресурси мають назву Ассет. Ассетом можуть бути графічні зображення, *3D*-моделі, анімації, звукові ефекти, музика, текстури, шрифти та багато інших елементів, які використовуються для створення ігрового світу та ігрового процесу.

Застосування ассетів для створення ігор є невід'ємною частиною процесу розробки. Ассети допомагають створити візуальний стиль гри, покращити ігровий процес та зробити гру більш привабливою для гравців. Нижче наведено деякі з найпоширеніших типів ассетів, які використовуються при створенні ігор:

1. Графічні зображення – це двовимірні зображення, які використовуються для створення ігрового світу, персонажів, інтерфейсу та інших елементів гри. Це можуть бути малюнки, зображення, спрайти, текстури та інші типи зображень.

2. 3D-моделі – це тривимірні об'єкти, що використовуються для створення ігрового світу, персонажів, транспортних засобів та інших елементів гри. Ці моделі можуть бути створені за допомогою різних *3D*-редакторів, таких як *Blender, 3ds Max, Maya* та багато інших. *3D*-моделі можуть бути статичними чи динамічними. Статичні моделі не змінюються під час гри, а динамічні моделі можуть рухатися, обертатися, деформуватися і змінювати свою форму.

3. Анімації – це послідовності зображень, що використовуються для створення руху та зміни форми об'єктів у грі. Це можуть бути анімації персонажів, транспортних засобів, ефектів, інтерфейсів та інших елементів гри.

4. Звукові ефекти – це звуки, які використовуються для створення атмосфери та покращення ігрового процесу. Це можуть бути звуки пострілів, вибухів, кроків, руху транспортних засобів, голосів персонажів та багато інших звуків.

5. Музика – це звуковий ряд, який використовується для створення настрою та атмосфери у грі. Це може бути фонова музика, музика для меню, музика для боїв, музика для кінематографічних роликів та багато інших типів музики.

6. Текстури – це зображення, що використовуються для покриття поверхні об'єктів у грі. Це можуть бути текстури дерева, каменю, металу, тканини та багато інших типів текстур. Текстури можуть бути створені за допомогою різних графічних редакторів, таких як *Adobe Photoshop, GIMP, Corel Draw* та багато інших.

7. Шрифти – це набори символів, які використовуються для відображення тексту у грі. Це можуть бути шрифти для заголовків, тексту, підписів та багато інших типів шрифтів. Шрифти можуть бути створені за допомогою різних інструментів, таких як *Adobe Illustrator, Corel Draw, FontLab* та багато інших.

1.1.1 Додавання візуальних ефектів до ігрового двигуна Unity

Додавання візуальних ефектів до ігрового двигуна *Unity* зазвичай здійснюється з використанням різних технік та інструментів. Ось основні кроки та методи:

1. Використання графічних ресурсів: спочатку необхідно підготувати або отримати графічні ресурси, такі як текстури, моделі, анімації, спрайти тощо, які будуть використовуватися для створення візуальних ефектів.

2. Шейдери: *Unity* використовує шейдери для визначення зовнішнього вигляду об'єктів. Шейдери визначають, як об'єкти відображаються та

взаємодіють з освітленням та іншими візуальними ефектами. Шейдери можна створювати за допомогою мови програмування шейдерів, таких як *HLSL* (*High-Level Shading Language*), або використовувати вбудовані шейдери *Unity* [12].

3. Частинки (*Particles*): Unity має потужну систему частинок для створення різних візуальних ефектів, таких як дим, вогонь, магічні іскри тощо. Система часток дозволяє налаштовувати параметри частинок, такі як швидкість, розмір, колір, тривалість життя та інші.

4. Анімація: для створення динамічних візуальних ефектів у *Unity* використовуються анімації. Ви можете анімувати властивості об'єктів, такі як положення, масштаб, обертання, колір та інші параметри.

5. *Post-processing* (Постібробка): *Unity* також підтримує постобробку, яка дозволяє додавати різні ефекти після рендерингу сцени. Наприклад, можна застосувати ефекти корекції кольору, розмиття, згладжування та інші для поліпшення візуальної якості [13].

6. Використання *Asset Store*: *Unity Asset Store* пропонує безліч готових рішень для візуальних ефектів. Тут ви можете знайти та завантажити готові шейдери, матеріали, моделі, анімації та інші ресурси, щоб прискорити процес створення ефектів.

На рисунку 1.1 зображено приклад візуального ефекту, який був додан у середовище ігрового двигуна *Unity*.

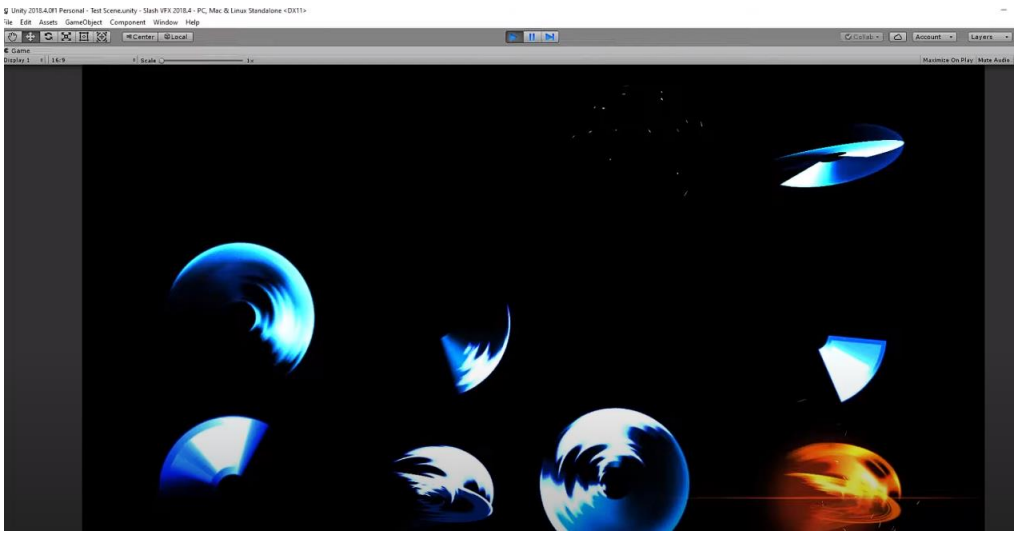


Рис. 1.1 Візуальні ефекти, імпортовані до середовища *Unity*

У результаті, додавання візуальних ефектів в *Unity* - це комплексний процес, який поєднує графічний дизайн, програмування шейдерів, анімацію, налаштування параметрів та використання спеціалізованих інструментів двигуна. Креативність та практичний досвід також відіграють важливу роль у створенні вражаючих візуальних ефектів для ігор.

1.1.2 Додавання візуальних ефектів до ігрового двигуна Unreal Engine

Додавання візуальних ефектів у ігровий движок *Unreal Engine* включає кілька кроків, що використовують інструменти і функції *Unreal Engine* для створення дивовижних візуальних результатів. Ось детальний огляд цього процесу:

1. Постобробка (*Post-Processing*): *Unreal Engine* надає потужні інструменти постобробки, що дозволяють додавати різні ефекти після рендерингу сцени. Це може включати корекцію кольору, розмиття, глибину різкості, ефекти свічення (*bloom*), маскування руху (*motion blur*) і багато іншого.

2. Частинки (*Particles*): *Unreal Engine* має потужну систему частинок (*Cascade*), яка дозволяє створювати різні візуальні ефекти, такі як дим, вогонь, спалахи, магічні іскри і т. д. Система частинок надає безліч параметрів для налаштування зовнішнього вигляду та поведінки частинок.

3. Анімації: для створення динамічних візуальних ефектів у *Unreal Engine* використовуються анімації. Це може бути анімація руху об'єктів, деформації матеріалів (*Material Animation*), анімація параметрів частинок і т. д. Анімації можуть бути створені в *Unreal Engine* за допомогою інструментів анімації.

4. Імпорт ресурсів: для створення візуальних ефектів також потрібні графічні ресурси, такі як текстури, моделі, анімації та звуки. *Unreal Engine* підтримує імпорт різних форматів файлів для використання у проекті.

5. Використання *Asset Store*: *Unreal Engine* також має *Asset Store*, де можна знайти готові ресурси, матеріали, частинки, анімації та інші елементи для прискорення розробки візуальних ефектів.

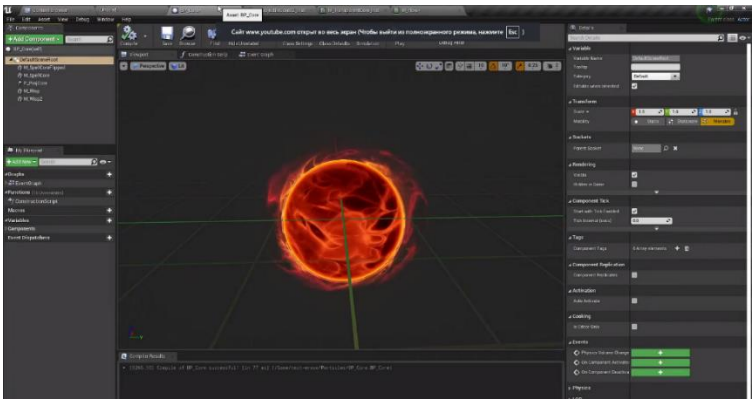


Рис. 1.2 Візуальні ефекти, імпортовані до середовища *Unreal Engine*

Загалом додавання візуальних ефектів у *Unreal Engine* вимагає творчого підходу до використання інструментів движка для досягнення бажаного візуального стилю та ефектів у грі.

1.1.3 Додавання візуальних ефектів до ігрового двигуна *Godot*

Додавання візуальних ефектів в ігровий двигун *Godot* включає використання різних інструментів та технік, що надаються самим двигуном. Нижче наведено основні кроки та детальний огляд процесу створення візуальних ефектів у *Godot*:

1. Шейдери (*Shaders*): основою для створення складних візуальних ефектів у *Godot* є шейдери. Шейдери дозволяють програмувати зовнішній вигляд об'єктів та їхню взаємодію з освітленням та іншими елементами сцени. У *Godot* шейдери пишуться мовою *GLSL* (*OpenGL Shading Language*) або використовують візуальний редактор шейдерів.

2. Частинки (*Particles*): *Godot* має вбудовану систему частинок для створення різноманітних візуальних ефектів, таких як дим, вогонь, спалахи, дощ та інші. Система часток дозволяє налаштовувати параметри частинок, такі як швидкість, розмір, життєвий цикл, колір тощо.

3. Анімації: для створення анімованих візуальних ефектів у *Godot* можна використовувати ключові кадри (*keyframes*) та таймлайн анімації. Анімації можуть застосовуватися до властивостей об'єктів, таких як положення, масштаб, обертання, параметри матеріалів та інші [17].

4. *Post-processing* (Постобробка): *Godot* підтримує ефекти післяобробки, які можна застосовувати після рендерингу сцени. Це може включати корекцію кольору, розмиття, ефекти світіння, тіні та інші.

5. Використання графічних ресурсів: для створення візуальних ефектів у *Godot* необхідні графічні ресурси, такі як текстури, спрайти, моделі та анімації. Ресурси можуть бути імпортовані з різних форматів файлів та використані у проекті.

6. Використання плагінів та ресурсів із спільноти: *Godot* має активну спільноту розробників, які створюють та діляться своїми плагінами, ресурсами та рішеннями для створення візуальних ефектів. Безліч корисних інструментів можна знайти в офіційній бібліотеці та на форумах.

В цілому, процес додавання візуальних ефектів в *Godot* включає використання різних інструментів і технік, що надаються двигуном, а також вимагає креативного підходу і експериментів для досягнення бажаних результатів. На рисунку 1.3 зображено приклад візуального ефекту, який був додан у середовище ігрового двигуна *Godot*.

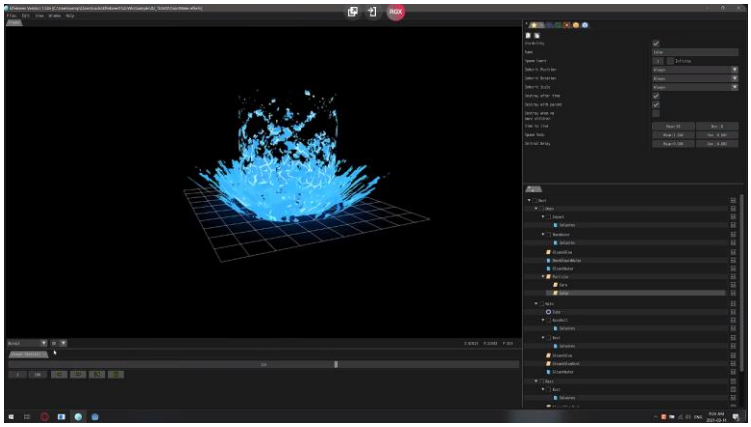


Рис. 1.3 Візуальні ефекти, імпортовані до середовища *Godot*

На закінчення, застосування ассетів при створенні ігор є невід'ємною частиною процесу розробки. Ассети допомагають створити візуальний стиль гри, покращити ігровий процес та зробити гру більш привабливою для гравців. Однак, необхідно використовувати їх розумно та з розумом, щоб не порушувати баланс між візуальною складовою та продуктивністю.

1.2 Візуальні ефекти для ігор

1.2.1 Поняття та класифікація візуальних ефектів для ігор

Візуальні ефекти для ігор – це цифрові ефекти, які додаються до гри для покращення візуального сприйняття, підкреслення ігрових механік, створення реалістичності та створення унікального стилю. Вони можуть включати використання ефектів освітлення, кольору, текстур, частинок, погоди, пошкоджень, крові і багатьох інших елементів, які допомагають створити більш привабливу і реалістичну картину. [18]

Візуальні ефекти для ігор можна класифікувати за різними критеріями, такими як тип ефекту, спосіб його створення, сфера застосування і т.д. Нижче наведено деякі з найпоширеніших класифікацій візуальних ефектів для ігор:

1. За типом ефекту: Візуальні ефекти можна класифікувати за тим ефектом, який вони створюють. Це може включати використання ефектів освітлення, кольору, текстур, частинок, погоди, пошкоджень, крові і багатьох інших елементів. Наприклад, ефекти освітлення можуть включати використання ефектів тіні, відображення, заломлення і багатьох інших елементів, які допомагають створити більш реалістичне середовище.

2. За способом створення: Візуальні ефекти можна класифікувати за способом створення. Це може включати використання програмного забезпечення, такого як *Adobe After Effects*, *Unity*, *Unreal Engine* і багатьох інших інструментів, які допомагають створити візуальні ефекти.

3. За сферою застосування: Візуальні ефекти можна класифікувати за сферою застосування. Це може включати використання ефектів в різних типах ігор, таких як бойові ігри, гоночні ігри, платформери, *RPG*-ігри і багато інших. Наприклад, в бойових іграх можуть використовуватися ефекти вибуху, іскор і пошкоджень, щоб підкреслити міць і ефективність зброї.

4. За стилем: Візуальні ефекти можна класифікувати за тим стилем, який вони створюють. Це може включати використання ефектів мальованої анімації, піксельної графіки, світіння, неонових вогнів і багатьох інших елементів, які

допомагають створити унікальний візуальний стиль гри. На рисунку 1.4 зображено стилізовані візуальні ефекти з гри «*Noita*».

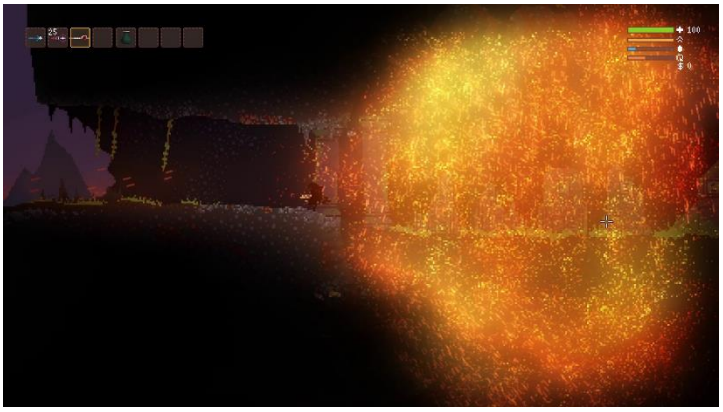


Рис. 1.4 Стилізовані візуальні ефекти з гри «*Noita*»

На закінчення, класифікація візуальних ефектів для ігор може допомогти розробникам ігор вибрати відповідні ефекти для своєї гри, виходячи з типу ефекту, способу його створення, сфери застосування та стилю. Однак, необхідно пам'ятати, що вибір візуальних ефектів має ґрунтуватися на цілях та завданнях гри, а також на її візуальному стилі та ігровому процесі [19].

1.2.2 *2D* ефекти для ігор

2D ефекти для ігор – це візуальні ефекти, які використовуються у двовимірних іграх для покращення візуального сприйняття, створення емоційного настрою, підкреслення ігрових механік, створення реалістичності та створення унікального стилю. У цьому розділі буде розглянуто деякі з найпоширеніших *2D*-ефектів для ігор.

5. Ефекти висвітлення можуть використовуватися для створення більш реалістичного середовища у *2D* іграх. Це може включати використання ефектів тіні, відображення, заломлення і багатьох інших елементів, які допомагають створити більш реалістичну картину. Наприклад, у грі з відкритим світом можуть використовуватися ефекти освітлення та тіні, щоб створити більш реалістичне середовище. На рисунку 1.5 зображено приклад створеного на базі ігрового двигуна *Godot Engine* ефекту об’ємного *2D* – висвітлення.

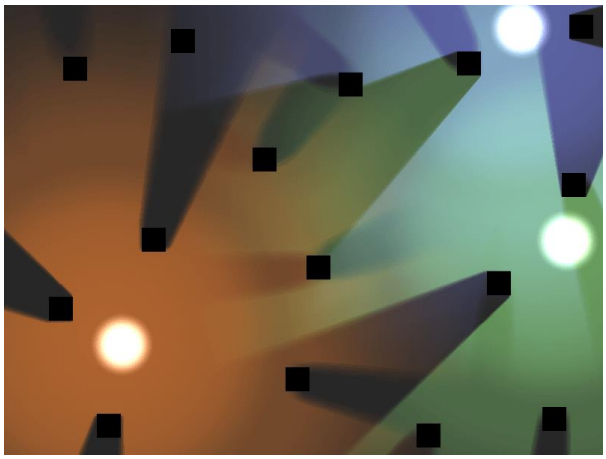


Рис. 1.5 Візуальні ефекти, імпортовані до середовища *Godot*

Ефекти частинок можуть використовуватися для створення більш яскравих моментів, що запам'ятовуються в *2D* іграх. Це може включати використання ефектів диму, вогню, іскор, снігу і багатьох інших елементів, які допомагають створити більш яскраві і запам'ятовуються моменти в грі. Наприклад, у бойовій грі можуть використовуватися ефекти вибуху або іскор, щоб підкреслити потужність та ефективність зброї.

Ефекти погоди можуть використовуватися для створення більш реалістичного середовища у *2D* іграх. Це може включати використання ефектів дощу, снігу, туману і багатьох інших елементів, які допомагають створити більш реалістичну погоду. Приклад ефекту грози у грі «*Terraria*» можна переглянути на рисунку 1.6.

Рис. 1.6 Приклад ефекту грози у грі «Terraria»

Ефекти пошкоджень та крові можуть використовуватися для створення більш реалістичного бою у *2D* іграх. Це може включати використання ефектів крові, ран і багатьох інших елементів, які допомагають створити більш реалістичний бій. Наприклад, у бойовій грі можуть використовуватися ефекти пошкоджень або крові, щоб створити більш реалістичний бій. Приклад ефекту крові від удару у грі «*Darkest Dungeon*» можна переглянути на рисунку 1.7.

Рис. 1.7 Приклад ефекту крові від удару у грі «Darkest Dungeon»

Ефекти руху можуть використовуватися для створення більш динамічної картини у *2D* іграх. Це може включати використання ефектів руху, слідів, розмиття і багатьох інших елементів, які допомагають створити більш динамічну картину.

Ефекти мальованої анімації можуть використовуватися для створення унікального візуального стилю у *2D* іграх. Це може включати використання ефектів мальованої анімації, піксельної графіки і багатьох інших елементів, які допомагають створити унікальний візуальний стиль гри. На рисунку 1.8 зображено мальовані візуальні ефекти вибухів з гри *Broforce*.

Рис. 1.8 Мальовані візуальні ефекти вибухів з гри «*Broforce*»

Програми для створення та редагування двовимірних зображень, такі як *Adobe Photoshop*, *GIMP*, *Procreate* та інші, використовуються для створення спрайтів, анімацій та інтерфейсних елементів.

Для створення *2D* анімацій часто використовуються спеціалізовані програми, такі як *Adobe Animate*, *Spine*, *Toon Boom* та інші.

Багато сучасних ігрових движків, таких як *Unity*, *Godot* та інші, надають інструменти та ресурси для створення та управління *2D* ефектами в іграх.

Існують також бібліотеки спрайтів, анімацій та графічних ресурсів, які розробники можуть використовувати для прискорення процесу розробки ігор та додавання якісних *2D* ефектів у свої проекти.

Прикладами ігор із вражаючими 2D ефектами є *«Hollow Knight»*, *«Celeste»* та *«Stardew Valley»*.

На закінчення, *2D* ефекти для ігор можуть допомогти створити більш привабливу картину та створити унікальний візуальний стиль. Однак, необхідно використовувати їх розумно та з розумом, щоб не порушувати баланс між візуальною складовою та продуктивністю.

1.2.3 *3D* ефекти для ігор

3D ефекти для ігор є візуальними елементами, створеними в тривимірному просторі і використовуваними для надання реалізму та візуальної привабливості ігровому світу.

Ці ефекти можуть включати різні аспекти ігрової графіки, такі як освітлення, тіні, текстури, частинки, динамічні об'єкти, ефекти вибухів, диму, вогню, води, анімації і багато іншого.

Далі будуть переличені основні компоненти *3D* ефектів:

1. Текстурування: Процес застосування текстур до тривимірних моделей, щоб надати їм візуального вигляду та поверхневої деталізації.

2. Висвітлення: Створення освітлення для ігрового світу, включаючи точкове, спрямоване, навколишнє освітлення та тіні, щоб створити реалістичні ефекти світла та тіні.

3. Частинки та спецефекти: Створення різних спецефектів, таких як дим, вогонь, вибухи, магічні заклинання тощо, з використанням систем частинок та інших технологій.

3D ефекти допомагають зробити ігровий світ більш реалістичним та захоплюючим, що покращує візуальний досвід гравців. *3D* ефекти можуть використовуватися для підтримки сюжету та геймплею, наприклад, для демонстрації вибуху, що впливає на навколишній світ та персонажів, або для створення атмосфери певної ігрової події.

Різні *3D* ефекти, такі як освітлення, атмосферні ефекти та анімації, можуть допомогти створити певний настрій та атмосферу у грі. Якісні та вражаючі *3D* ефекти можуть привернути увагу та зацікавити гравців, роблячи гру більш привабливою та незабутньою. [20]

Далі буде переличена класифікація технологій та інструментів для створення *3D* ефектів:

1. Графічні движки: Багато ігор використовують графічні движки, такі як *Unity*, *Unreal Engine*, *CryEngine* та інші, для створення та рендерингу *3D* ефектів.

2. Системи частинок: Використання систем частинок дозволяє створювати різні спецефекти, такі як дим, вогонь, вибухи та багато іншого.

3. Шейдери дозволяють розробникам створювати реалістичні ефекти світла, тіні, води та інших візуальних елементів.

4. Використання *3D* ефектів є важливою частиною розробки сучасних ігор, оскільки вони допомагають створити вражаючий та захоплюючий ігровий світ, який захоплює увагу та уяву гравців.

Слід зауважити, що деякі *3D* ефекти можуть також впливати на геймплей, наприклад, за допомогою візуального попередження про небезпеку або підсвічування важливих ігрових елементів.

Не можна не визначити, що *3D* ефекти здатні значно підвищити атмосферність гри, допомагаючи передати певний настрій, стиль чи тематику гри.

Наступним кроком будуть переличені технологічні інновації у сфері *3D* ефектів:

1. Рейтрейсинг: Це сучасна технологія рендерингу, яка забезпечує більш реалістичне освітлення, тіні та відображення, що робить 3D ефекти ще більш реалістичними.

2. Віртуальна реальність (*VR*): *VR* технології забезпечують унікальний та інтенсивний візуальний досвід, роблячи *3D* ефекти більш вражаючими та імерсивними для гравців.

3. Динамічний рендеринг: Ця технологія дозволяє іграм створювати візуальні ефекти, що динамічно змінюються в реальному часі, що сприяє більш динамічному та інтерактивному ігровому досвіду.

4. Машинне навчання та штучний інтелект: Деякі сучасні ігри використовують машинне навчання та штучний інтелект для покращення якості та реалістичності *3D* ефектів, наприклад, для створення розумніших та реалістичніших *NPC* або для автоматичної генерації текстур та моделей.

Складні та високоякісні *3D* ефекти можуть споживати великі обсяги ресурсів комп'ютера або консолі, тому оптимізація ігрового двигуна та ефективне використання апаратного забезпечення ігрових платформ стають дуже важливими завданнями для розробників.

Оптимізація *3D* ефектів передбачає балансування між візуальною якістю та продуктивністю гри, щоб забезпечити плавний та стабільний ігровий досвід для всіх гравців.

1.3 Приклади використання

1.3.1 *«Hollow Knight»*

«Hollow Knight» має характерний візуальний стиль, який є ключовим елементом його неповторної атмосфери. Мальовані вручну фони, персонажі та анімації створюють унікальний світ, повний загадковості та глибини [4]. Приклад використання візуальних ефектів у грі *«Hollow Knight»* можна побачити на рис 1.9.

Рис. 1.9 Геймплей та візуальні ефекти гри *«Hollow Knight»*

Гра майстерно використовує світло та тіні для підкреслення своєї темної тематики та містичної аури. Ефективне використання світла надає глибини і об'ємності навколишнім об'єктам, тоді як тіні створюють атмосферу загадковості та таємничості.

Фони в *«Hollow Knight»* часто змінюються і динамічно реагують на переміщення гравця по ігровому світу, що надає відчуття руху і жвавості навколишнього середовища.

В цілому, візуальні ефекти в *«Hollow Knight»* відіграють важливу роль у створенні її унікальної атмосфери і залучають гравця до захоплюючої та загадкової подорожі похмурим та таємничим світом гри.

1.3.2 *«Celeste»*

Візуальні ефекти у грі *«Celeste»* представлені у чудово збалансованому та естетичному стилі, який гармонійно доповнює геймплей та атмосферу гри [5]. Деякі з ключових візуальних елементів включають:

Ефекти світла та тіні: *«Celeste»* використовує м'яке освітлення та тіні, щоб створити глибину та атмосферу в ігрових сценах. Ці ефекти наголошують на різноманітних ландшафтах, які гравці досліджують, від скелястих гір до темних печер.

Візуальні ефекти при взаємодії з оточенням: Під час виконання різних дій, таких як стрибки, взаємодія з об'єктами або використання спеціальних умінь, у

грі з'являються додаткові візуальні ефекти. Приклад геймплею та використання візуальних ефектів гри *«Celeste»* зображено на рисунку 1.10.

Рис. 1.10 Геймплей та візуальні ефекти гри *«Celeste»*

Спеціальні ефекти та анімації при перемозі або поразці: При досягненні цілей або невдачі у виконанні рівня гравці можуть побачити різні спеціальні ефекти та анімації, які наголошують на їх успіхах чи невдачах. Ці ефекти допомагають підтримувати емоційний зв'язок із гравцем.

Загальний вражаючий арт-дизайн та вміле використання візуальних ефектів роблять гру *«Celeste»* не лише захоплюючою в технічному сенсі, а й збагачують її емоційну глибину та атмосферу.

1.3.3 *«Stardew Valley»*

Студія розробки ігор *ConcernedApe* представила гру *«Stardew Valley»*, де використання візуальних ефектів є важливим елементом ігрового досвіду [6]. Візуальні ефекти в *«Stardew Valley»* служать не тільки для прикраси ігрового світу, але й для посилення атмосфери та збагачення ігрового процесу. Приклад використання деяких візуальних ефектів у грі можна побачити на рисунку 1.11.

Рис. 1.11 Геймплей та візуальні ефекти гри «Stardew Valley»

Погодні ефекти: Гра має різноманітні погодні умови, такі як сонячні дні, дощ, сніг та грози. Візуальні ефекти, такі як анімація крапель дощу або снігу, що падає, допомагають створити атмосферу конкретної пори року і збагатити візуальний досвід гравця.

Ефекти емоцій персонажів: Під час діалогів з *NPC* у грі можуть виявлятися емоційні візуальні ефекти, такі як анімація моргання чи зміна виразу обличчя персонажа. Ці ефекти допомагають гравцеві краще зрозуміти емоційний стан персонажів та підкреслити їхню індивідуальність.

Спеціальні ефекти під час особливих подій: Під час проведення особливих подій, таких як свята або фестивалі, гра може використовувати спеціальні ефекти, щоб підкреслити їхню унікальність та важливість для ігрового світу.

В цілому, використання візуальних ефектів у *«Stardew Valley»* важливо для створення атмосферного та занурюючого ігрового світу, а також для збагачення ігрового досвіду та передачі інформації гравцю.

1.3.4 *«ULTRAKILL»*

«ULTRAKILL» – це динамічний шутер від першої особи, розроблений студією Arsi *«Hakita»* Patala [7]. У цій грі використання ефектів має важливе значення для ігрового досвіду та підкреслення унікального стилю гри.

Візуальні ефекти в *«ULTRAKILL»* є важливим аспектом ігрової реалізації,. Сюди включається динамічне освітлення, спецефекти при використанні різного арсеналу зброї, анімації руху, ефекти руйнування оточення та ворогів, а також абстрактні візуальні сплески, що наголошують на агресивній природі гри.

Один з важливих аспектів візуальних ефектів в *«ULTRAKILL»* - це унікальний стиль ретро-піксельної графіки, який поєднує в собі олдскульні елементи сучасної візуальної технології. Це створює унікальний візуальний вигляд гри та надає їй неповторного зовнішнього вигляду.

Візуальні ефекти у *«ULTRAKILL»* також використовуються для підкреслення динаміки ігрового процесу та акцентування важливих ігрових подій, таких як вбивства ворогів або активація спеціальних навичок та атак. Ці

ефекти допомагають гравцеві відчути інтенсивність бою та залучитися до дії. Приклади таких ефектів можна переглянути на рисунку 1.12.

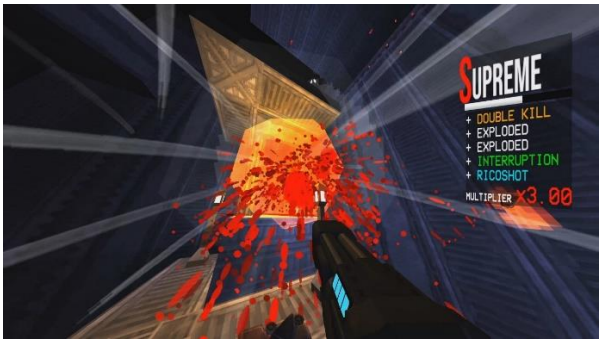


Рис. 1.12 Геймплей та візуальні ефекти гри «ULTRAKILL»

В цілому, візуальні ефекти в *«ULTRAKILL»* відіграють важливу роль у створенні атмосферного та насиченого ігрового світу, збагачуючи геймплей та надаючи йому унікального стилю та енергії.

1.3.5 *«Slime Rancher»*

«Slime Rancher» - це унікальна пісочниця у жанрі симулятора життя та пригод, розроблена та випущена студією *Monomi Park* [8].

У цій грі використання візуальних ефектів відіграє значну роль, збагачуючи ігровий досвід та надаючи ігровому світу яскравість та жвавість.

Візуальні ефекти в *«Slime Rancher»* застосовуються у різних аспектах гри, починаючи від оформлення ігрового світу та персонажів, і закінчуючи створенням динамічної атмосфери та ефектами взаємодії. Приклад геймплею та використання ефектів у грі *«Slime Rancher»* зображено на рисунку 1.13.

Рис. 1.13 Геймплей та візуальні ефекти гри «Slime Rancher»

Один з основних елементів візуальних ефектів у *«Slime Rancher»* - це оформлення слимаків, що існують у грі. Кожен вид слимаку має свій унікальний дизайн та анімацію, а також спеціальні візуальні ефекти, які відображають їх особливості та характеристики. Наприклад, слимаки можуть світитися різними кольорами, випускати іскри або виділяти особливі частинки в залежності від їх типу та стану.

Візуальні ефекти також застосовуються передачі різних ігрових подій і взаємодій. Наприклад, при збиранні ресурсів або виконанні певних дій можуть відтворюватися спеціальні анімації та ефекти, які допомагають гравцеві краще зрозуміти те, що відбувається, і відчувати себе частиною ігрового світу.

Одним із ключових аспектів використання візуальних ефектів у *«Slime Rancher»* є створення атмосфери радісного та умиротвореного фермерського світу. Яскраві кольори, доброзичливі персонажі та веселі анімації допомагають гравцеві зануритися в атмосферу гри та насолодитися процесом керування своєю фермою.

В цілому, використання візуальних ефектів у *«Slime Rancher»* сприяє створенню привабливого і живого ігрового світу, роблячи ігровий досвід захоплюючим і незабутнім для гравців різного віку.

1.3.6 *«Dishonored»*

«Dishonored» - це захоплююча гра у жанрі стелс-екшен з елементами пригод, розроблена студією *Arkane Studios* та видана *Bethesda Softworks* [9]. У цій грі використання візуальних ефектів є ключовим компонентом, який не лише збагачує ігровий світ, а й впливає на геймплей та атмосферу гри.

Один з основних аспектів візуальних ефектів у *«Dishonored»* – це створення унікального стилю та атмосфери гри. Використовуючи комбінацію високоякісних текстур, ретельно опрацьованих моделей персонажів та особливого арт-дизайну, гра передає дистопічний світ змішування стимпанку та готики. Цей візуальний стиль створює особливу атмосферу та допомагає завантажити гравця в альтернативну всесвіт *«Dishonored»*.

Додатково візуальні ефекти в *«Dishonored»* використовуються для передачі різних ігрових механік і здібностей головного персонажа. Наприклад, при використанні спеціальних навичок можуть відтворюватися характерні візуальні ефекти, що підкреслюють потужність та унікальність цих здібностей. Приклад візуальних ефектів у геймплею гри можна переглянути на рисунку 1.14.

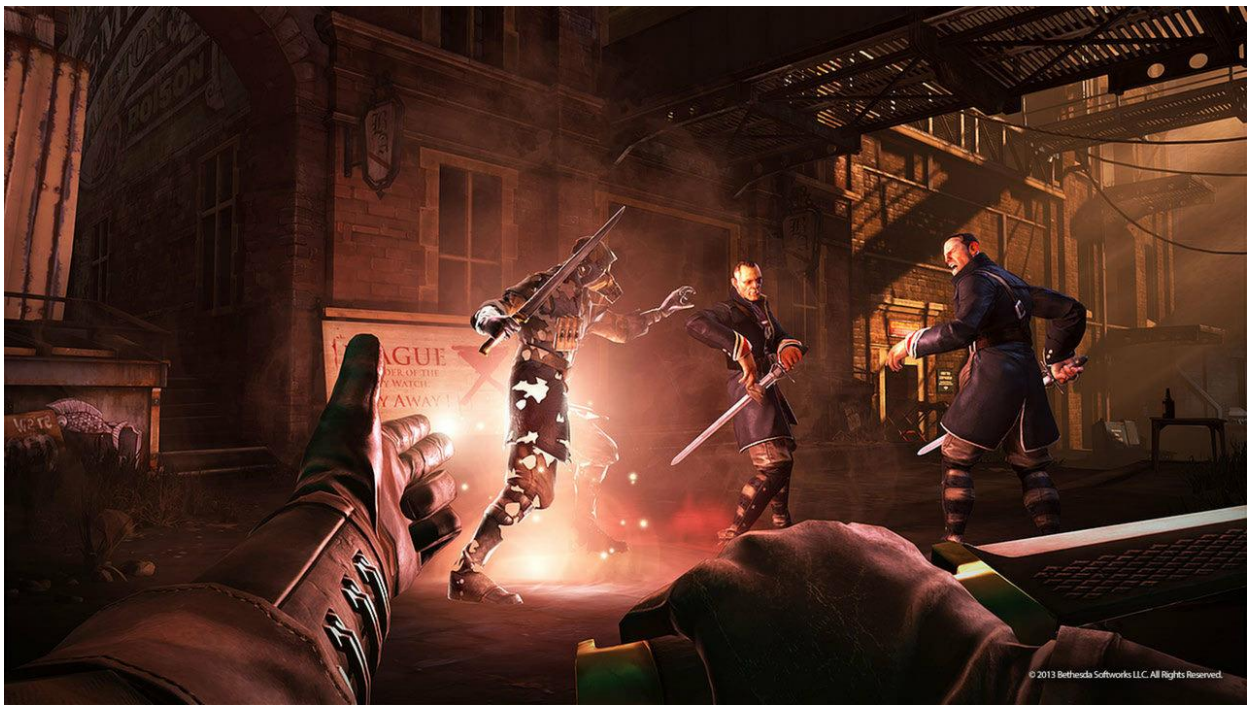


Рис. 1.14. Геймплей та візуальні ефекти гри «Dishonored»

Крім того, візуальні ефекти *«Dishonored»* використовуються для підтримки напруженої атмосфери і створення ефекту жаху і загадковості.

Загалом використання візуальних ефектів у *«Dishonored»* є важливим аспектом ігрового досвіду, який допомагає створити захоплюючий та захоплюючий світ, повний інтриг та пригод.

1.3.7 Порівняння типів візуальних ефектів у аналогах

Для кращого розуміння різниці між прикладами візуальних ефектів у перерахованих іграх була приведена таблиця 1.1, що демонструє наявність або відсутність характерних типів візуальних ефектів у іграх – представниках візуальних ефектів.

Таблиця 1.1

Порівняння наявності різних типів візуальних ефектів у наведених прикладах ігор

Тип візуального ефекту	***Hollow Knight***	***Celeste***	***Stardew Valley***	***ULTRAKILL***	***Slime Rancher***	***Dishonored***
Ефекти систем частинок	+	+	+	+	+	+
Ефекти мальованої (покадрової) анімації	+	+	+	-	-	-
Ефекти погоди	+	+	+	+	+	+
Ефекти пошкоджень та\або крові	+	-	-	+	-	+
Ефекти руху	+	+	+	+	-	+

Висновки до першого розділу

1. Була вивчена історія розвитку візуальних ефектів для комп'ютерних ігор та їх вплив на ігрову індустрію, починаючи з перших простих візуальних ефектів, закінчуючи сучасними комплексними візуальними ефектами. Було дано визначення використання пакетів (ассетів) під час створення ігор, було вказано всі можливі типи ассетів для ігор.

2. Затверджено кваліфікацію візуальних ефектів для ігор, вивчено поняття та типи *2D* та *3D* ефектів для ігор, а також їх вплив на ігровий процес.

3. Наведено приклади ігор, які демонструють яскраве використання *2D* і *3D* ефектів. Було створено порівняльну таблицю типів застосовуваних візуальних ефектів у цих іграх.

РОЗДІЛ 2
ПРОЕКТУВАННЯ

2.1 Постановка завдання

На початку каждого проекту потрібно чітко зазначити завдання та кроки для його виконання. У цьому розділі будуть детально досліджені кроки до виконання поставленої задачи.

Метою кваліфікаційної роботи є створення пакету візуальних ефектів для *2D*-ігор.

Основний контент, що необхідно розробити:

1. Розробка пайплайну праці над кваліфікаційною роботою.
2. Створення унікального контенту для візуальних ефектів.
3. Створення візуальних ефектів із підготовлених унікальних матеріалів.
4. Створення проекту у Unity для додавання та тестування ефектів.
5. Компіляція отриманих ефектів у готові комплексні візуальні ефекти.
6. Створення та викладання готового пакету візуальних ефектів.

2.2 Пайплайн

2.2.1 Ідея

Перед розробкою будь-якого ефекту потрібна ідея ефекту. На саму ідею впливає сфера діяльності ефекту, натхнення від сторонніх джерел або точні описи замовника, якщо відбувається розробка ефекту на замовлення. В області розробки *2D* - ігор використовується безліч ефектів для створення відчуття імпакту від різних подій, починаючи від різноманітних вибухів, закінчуючи трасерами від куль, слідами від ударів, трейлами від мечів і так далі. Приклади таких *2D* - ефектів можна переглянути на рисунках 2.1, 2.2.

Рис. 2.1. Ефект подвійного стрибку у грі «*Hollow Knight*»

Рис. 2.2. Ефект вибухів у грі «*Katana ZERO*»

2.2.2 Референси

Референси в контексті створення візуальних ефектів для ігор - це зображення, відео, або навіть живі об'єкти, які використовуються художниками та дизайнерами як джерело натхнення та відлуння для їхньої роботи.

У світі візуальних ефектів для ігор, референси можуть бути використані для:

1. Інспірації та творчості: Референси можуть надихати на нові ідеї та концепції. Вони допомагають художникам розуміти, які ефекти або візуальні елементи можуть бути ефективними або захоплюючими для гравців.

2. Деталізації та реалізму: Референси допомагають художникам зрозуміти, як повинні виглядати реальні об'єкти, ефекти або сцени, щоб вони виглядали більш реалістично та переконливо.

3. Консистентності стилю: Референси можуть служити як основа для встановлення конкретного стилю візуальних ефектів, щоб усі елементи гри виглядали спільно та гармонійно.

4. Тестування ідей: Референси можуть використовуватися для тестування різних варіантів дизайну, ефектів або стилів, щоб знайти найбільш ефективний та привабливий варіант.

Взагалі, референси є важливою складовою процесу створення візуальних ефектів для ігор, оскільки вони допомагають забезпечити якість, реалізм та привабливість гри для гравців.

Референси можна знайти як у існуючих іграх, так і на спеціалізованих художніх платформах, таких як *ArtStation* або *Pinterest*. Приклади таких референсів можна переглянути на рисунку 2.3.

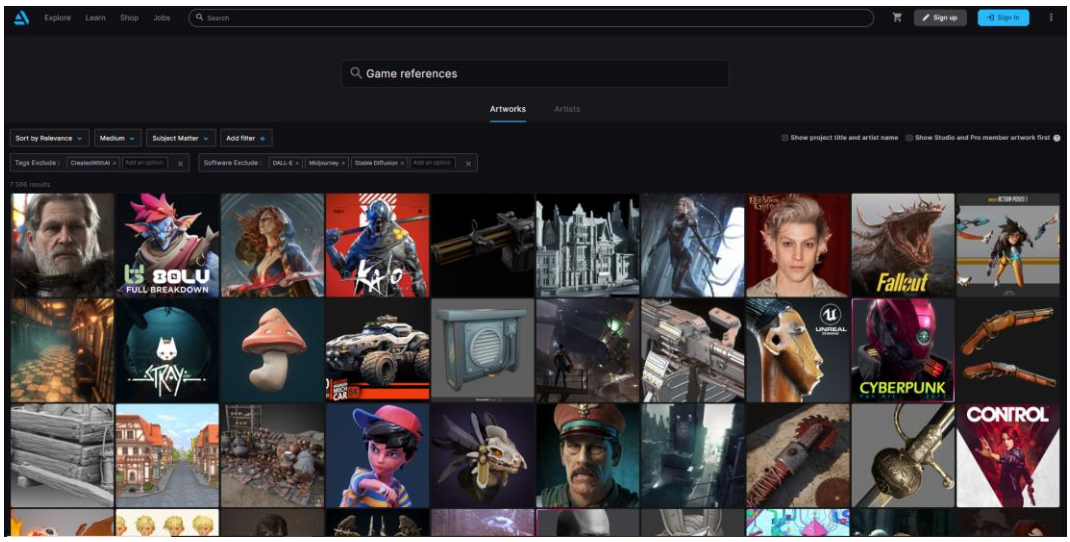


Рис. 2.3. Пошук ігрових референсів на площадці «*ArtStation*»

2.2.3 Ескізи

Ескізи в контексті створення візуальних ефектів для ігор - це швидкі та наближені малюнки або зразки, які створюються для концептуалізації та визначення вигляду та функціональності візуальних ефектів. Вони є важливою частиною процесу розробки, дозволяючи художникам та дизайнерам визначити, як виглядатимуть ефекти у грі перед їхнім повним створенням. Приклад кольорового скетчу візуального ефекту води можна переглянути на рисунку 2.4

Рис. 2.4. Приклад кольорового скетчу візуального ефекту води

Ескізи допомагають візуалізувати ідеї та концепції візуальних ефектів, що допомагає розробникам краще розуміти, як ці ефекти можуть виглядати у грі.

Також ескізи часто використовуються для швидких ітерацій та вдосконалення дизайну візуальних ефектів, дозволяючи художникам швидко тестувати та вносити зміни.

Важливо зауважити, що ескізи можуть служити як засіб спілкування з іншими членами команди розробки, щоб уточнювати вимоги та спільно визначати, які ефекти будуть найбільш ефективними для гри.

Слід зазначити ескізи допомагають встановити стиль візуальних ефектів, забезпечуючи консистентність та спільність між різними елементами гри.

Загалом, ескізи є важливою частиною процесу створення візуальних ефектів для ігор, допомагаючи розробникам виявити та реалізувати концепції ефектів, які підвищують якість та привабливість гри.

Після того, як знайшли референси, які максимально наближені до початкової ідеї, можна починати малювати ескізи майбутнього ефекту. Приклад початкового етапу скетчу візуального ефекту вогню із димом можна переглянути на рисунку 2.4

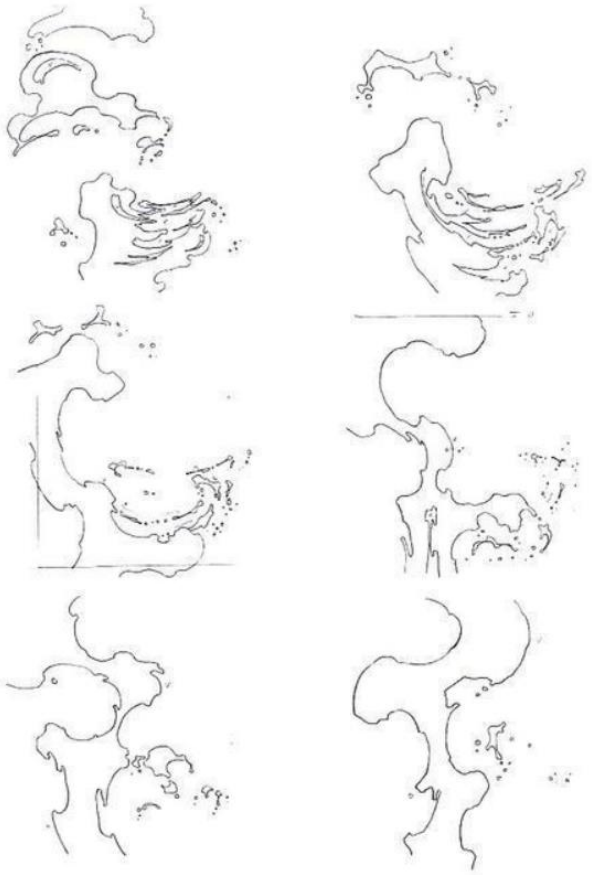


Рис. 2.4. Приклад скетчу покадрової анімації візуального ефекту вогню

2.2.4 Рисунки

Після створення скетчу візуального ефекту можна приступати до створення рисунків для самого ефекту. Розмір, колір та інші параметри рисунка залежать від початкової ідеї та області застосування.

Рисунки повинні мати прозоре тло і не дуже великий розмір, щоб не навантажувати пам'ять комп'ютера, адже рисунки будуть використані всередині гри.

Приклад намальованих кадрів візуального ефекту вогню можна переглянути на рисунку 2.5.

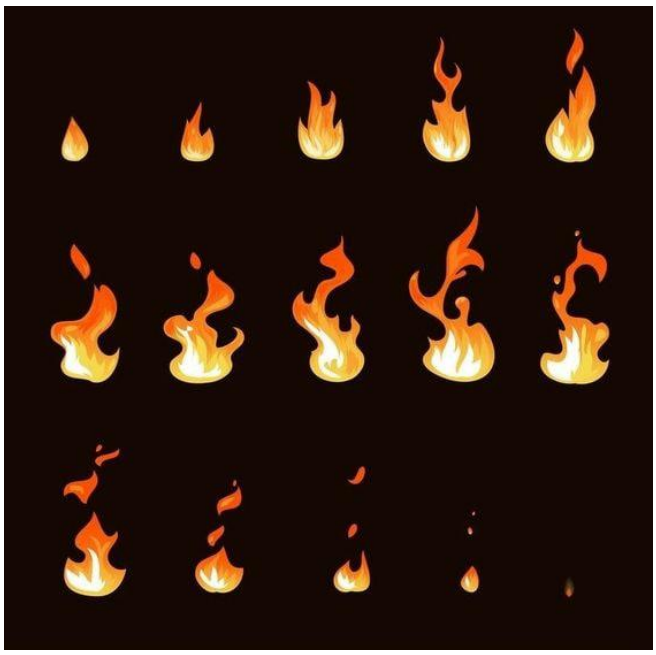


Рис. 2.5. Приклад намальованих кадрів візуального ефекту вогню

2.2.5 Оптимізація рисунків

Оптимізація малюнків для ігрових візуальних ефектів – це процес зменшення розміру та оптимізації швидкодії малюнків з метою підвищення продуктивності гри та забезпечення гладкої роботи на різних пристроях [24]. Враховуючи обмежені ресурси на багатьох пристроях, таких як мобільні телефони та планшети, оптимізація малюнків стає важливою для забезпечення оптимальної продуктивності гри. Ось деякі основні стратегії оптимізації:

− використання стиснення без втрат, форматів файлів, що підтримують стиснення (наприклад, *PNG* або *JPEG*), а також видалення непотрібних деталей може допомогти зменшити розмір малюнка;

− якщо можливо, обмеження кількості кадрів у анімації для зменшення розміру файлу та покращення продуктивності є гарним варіантом оптимізації;

− уникнення складних та ресурсомістких ефектів через заміщення більш простими ефектами, які можуть бути реалізовані з меншою кількістю ресурсів є популярним варіантом оптимізації;

− використання оптимізованих форматів, що мають меншу кількість пам'яті, такі як *PVRTC* для *iOS* або *ETC* для *Android*;

− деякі малюнки можуть бути меньш деталізовані в області, яка зазвичай не бачиться гравцем, що дозволяє заощадити ресурси;

− переробка та використання спеціальних інструментів для автоматизації оптимізації, які можуть автоматично зменшувати розмір малюнків без втрати якості.

Ці стратегії допомагають забезпечити ефективну оптимізацію малюнків для ігрових візуальних ефектів, що в свою чергу забезпечує більшу продуктивність та зручність для гравців.

2.2.6 Анимація рисунків

Анімація рисунків для ігрових 2D анімацій – це процес створення рухомих зображень з використанням послідовності рисунків (кадрів), що відтворюються послідовно з певною швидкістю. Цей процес дозволяє надати життєвості та динамічності персонажам, об'єктам та іншим елементам гри.

Після того, як наші малюнки пройшли стадію створення та оптимізації, ми можемо об’єднати їх у секвенцію для створення кінцевої анімації. Приклад такой секвенції можна переглянути на рисунку 2.6

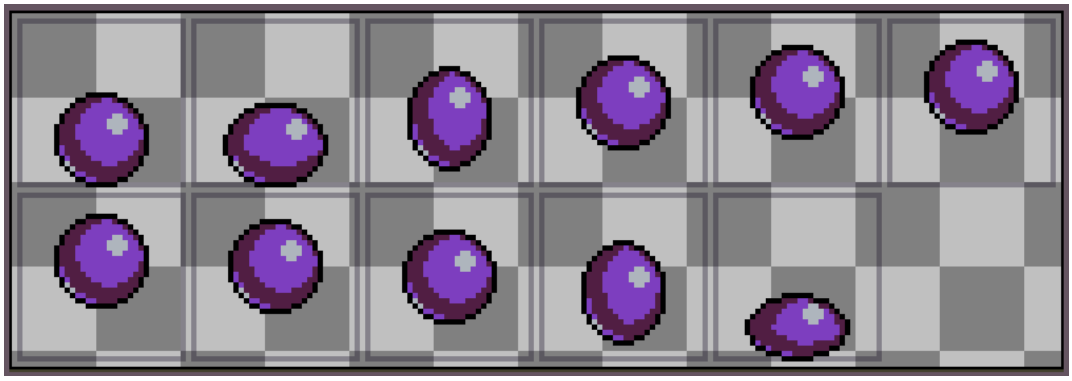


Рис. 2.6. Приклад намальованих кадрів анімації руху персонажу

2.2.7 Експорт у ігровий двигун

Після усіх налаштувань, ми можемо експортувати нашу анімацію у форматі *PNG* для подальшого використання у вибраному ігровому движку.

Для експорту кадрів для *2D* анімацій зазвичай використовуються спеціальні програми або інструменти, які дозволяють зберегти окремі малюнки у форматі, який підтримується у обраному двигуні гри.

Метод, через который ми будемо експортувати наші зображення має назву експорт кадрів через *Sprite sheet*. Експорт у *Sprite sheet* (таблицю спрайтів) – це процес об'єднання окремих кадрів анімації у одне велике зображення, яке зазвичай містить у собі кілька кадрів, розташованих поруч або в рядок. Цей метод зручний для організації та оптимізації анімаційних кадрів, особливо коли кількість кадрів велика. Також анімації у такому вигляді зручно організовувати у великих проектах. Приклад експорту анімації через програмне забеспечення можна переглянути на рисунку 2.7

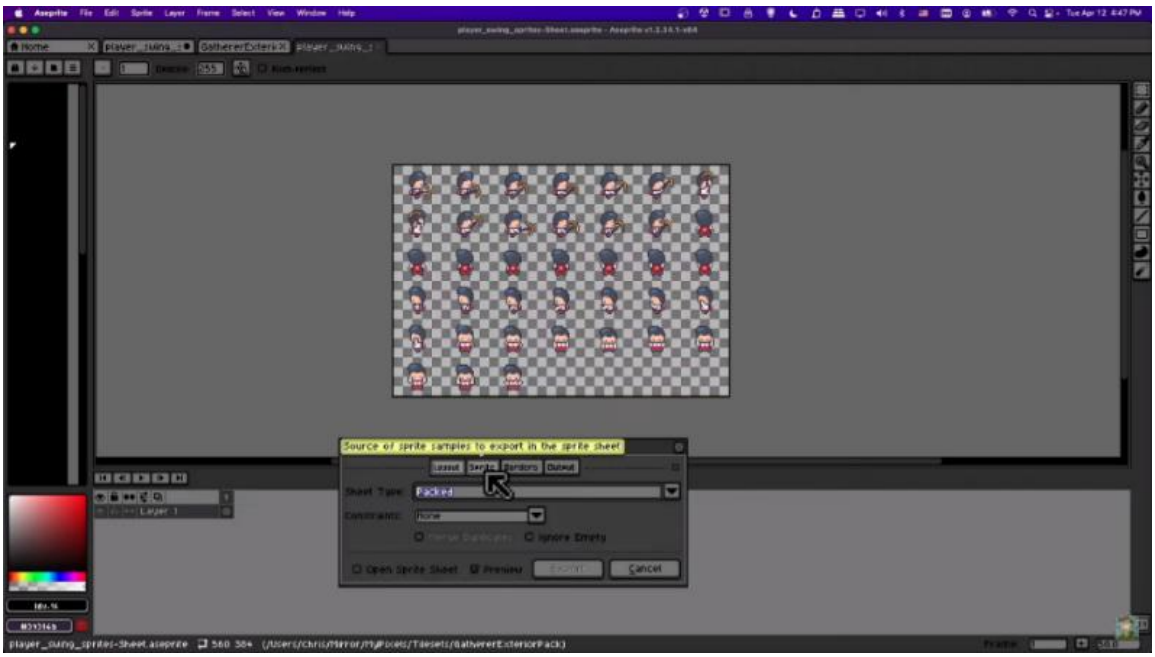


Рис. 2.7. Приклад експорту *Sprite Sheet через візуальний редактор «Aseprite»*

Наступним кроком після створення готової таблиці спрайтів для анімації завжди йде її імпорт у проект ігрового двигуна. Кожен сучасний ігровий двигун має вбудовані інструменти для роботи з таблицями спрайтів для анімацій, що

робить технологію таблиць спрайтів ефективним у сучасних реаліях. Приклад таких инструментів можна переглянути на рисунку 2.8

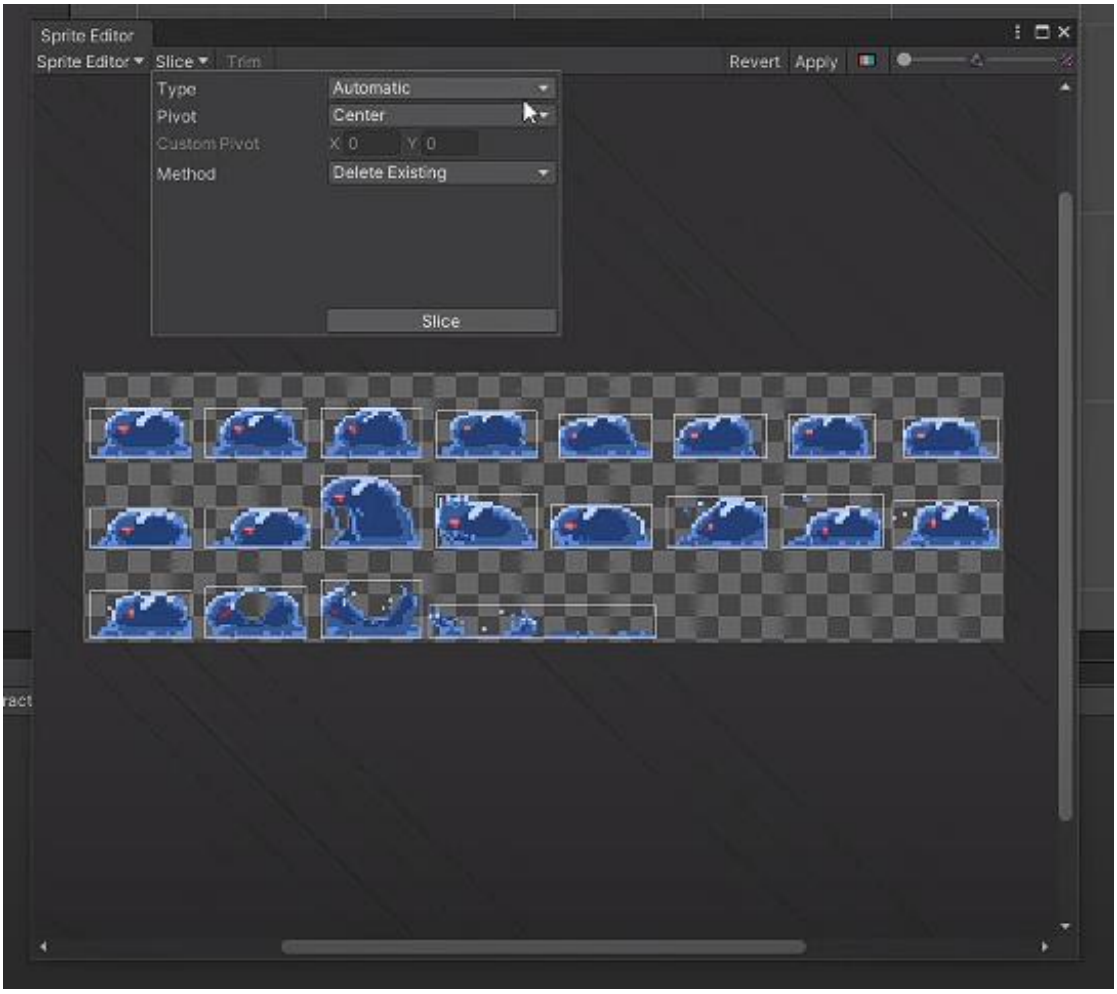


Рис. 2.8. Імпорт та праця із таблицею спрайтів на прикладі ігрового двигуна *Unity*

2.2.8 Формування ассету

Після того, як анімація була імпортована в проект ігрового двигуна, можна приступати до формування ассета. Сформований ассет – це ассет, над яким була проведена робота за допомогою вбудованих інструментів двигуна з метою оптимізації його роботи під функціонал ігрового двигуна. Процес адаптації залежить від типу ассету.

У випадку анімації візуального ефекту, слід заздалегідь створити ігрову тестову сцену, яка зберігатиме в собі всі готові ефекти для демонстрації їх можливостей. За допомогою засобів сучасних двигунів можна налаштувати

швидкість, колір, розмір та плавність зміни кадрів для будь яких ефектів. Приклад таких налаштувань можна переглянути на рисунку 2.9

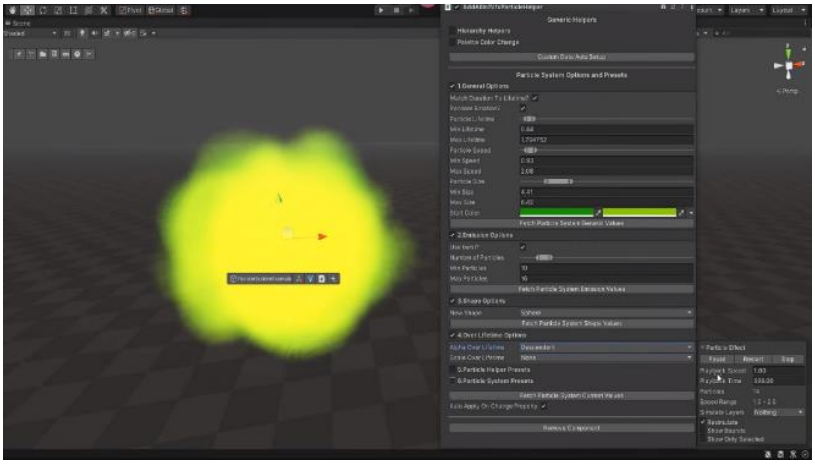


Рис. 2.9. Якісне налаштування параметрів візуального ефекту на прикладі ігрового двигуна *Unity*

2.2.9 Тестування ассету

Тестування ігрових ассетів є важливим етапом у процесі розробки гри, що забезпечує правильну інтеграцію та функціонування різних елементів гри. Це включає перевірку графіки, звукових ефектів, моделей, анімацій та інших компонентів, щоб гарантувати, що вони працюють належним чином і не викликають проблем у грі. Ось основні кроки тестування ігрових ассетів:

1. Перевірка ассетів на відповідність стилю гри та відсутність візуальних артефактів. Це включає перевірку текстур на правильність розміру, кольору та розташування.

2. Перевірка, чи всі ассети працюють так, як передбачено. Наприклад, анімації повинні відтворюватися правильно, а інтерактивні елементи повинні відповідати очікуваним діям.

3. Оцінка впливу ассетів на продуктивність гри. Важливо перевірити, чи не викликають нові ассети затримок, зависань або інших проблем з продуктивністю, особливо на різних пристроях і платформах.

4. Перевірка ассетів на різних пристроях і платформах для забезпечення сумісності. Це включає тестування на різних розширеннях екрану, операційних системах та апаратному забезпеченні.

5. Упевнення, що ассети правильно інтегровані в гру і взаємодіють з іншими компонентами. Це включає перевірку того, що графічні елементи правильно відображаються у відповідних місцях, а звукові ефекти запускаються у потрібний момент.

6. Перевірка, чи нові або змінені ассети не порушили роботу вже існуючих компонентів гри. Важливо упевнитися, що всі елементи гри працюють коректно після додавання нових ассетів.

7. Використання автоматизованих інструментів для тестування ассетів може спростити процес та зменшити кількість помилок. Автоматизовані тести можуть включати перевірку цілісності файлів, відповідності форматів та інші параметри.

Тестування ігрових ассетів є критично важливим для забезпечення якості гри та її стабільної роботи. Регулярне та ретельне тестування допомагає виявляти та виправляти проблеми на ранніх стадіях розробки, що зменшує витрати на виправлення помилок у майбутньому.

2.2.10 Опис пайплайну

Розібравши основні складові та деталі для створення пакету візуальних ефектів для 2*D* - ігор ми отримуємо готовий пайплайн. Візуалізацію пайплайну можна подивитися на рисунку 2.10.

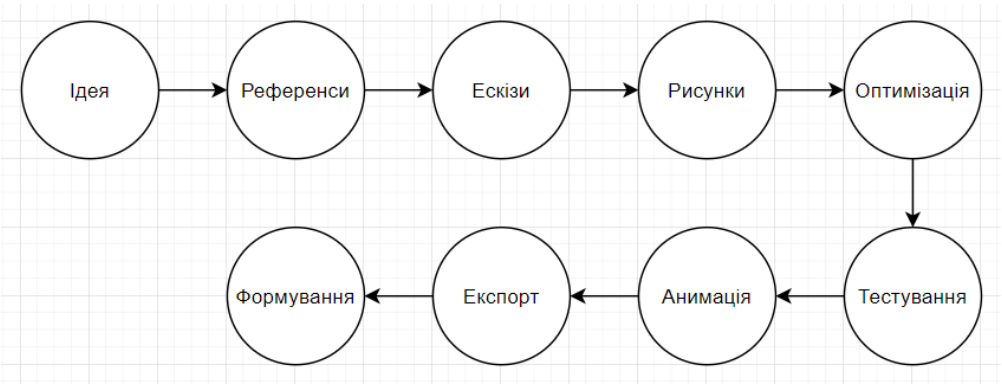


Рис. 2.10. Готовий пайплайн

Вся робота над проектом буде проведена відповідно до розробленого пайплайну.

2.3 Проектування составу ассетів

2.3.1 Формування ідеі

Перед тим, як приступати до створення будь-якого ігрового ассета або набору ігрових ассетів, потрібно чітко сформулювати ідею і дотримуватися її протягом усього процесу розробки. У нашому випадку, ідея звучить як «Пакет візуальних ефектів для 2D ігор»

Пакети візуальних ефектів для 2D ігор – це набори готових графічних елементів та анімацій, які розробники можуть використовувати для додавання візуальних ефектів до своїх ігор. Ці пакети можуть включати різноманітні елементи, такі як вибухи, вогонь, дим, магічні заклинання, частинки, водні ефекти та багато іншого.

Такі пакети можуть включати анімації, спрайти, шейдери, текстури та скрипти, які можна легко інтегрувати у гру. Вони часто постачаються у різних форматах, щоб бути сумісними з популярними ігровими двигунами, такими як *Unity, Unreal Engine, Godot* та інші.

Пакети візуальних ефектів бувають різної якості та стилів, щоб відповідати різним жанрам і художнім стилям ігор. Деякі пакети створені для ретро-ігор з піксельною графікою, інші – для більш сучасних або фантазійних сетингів.

Одна з головних переваг використання пакетів візуальних ефектів – це простота їх інтеграції. Більшість пакетів включають детальні інструкції або навіть приклади проектів, що показують, як ефекти можуть бути використані у грі.

Багато пакетів дозволяють налаштовувати ефекти під конкретні потреби гри. Це може включати зміну кольорів, швидкості анімації, розміру частинок та інших параметрів, щоб зробити ефекти унікальними для конкретного проекту.

Візуальні ефекти в пакетах часто оптимізовані для роботи на різних платформах, включаючи мобільні пристрої. Це означає, що розробники можуть використовувати ці ефекти без значного впливу на продуктивність гри.

Пакети візуальних ефектів можна розташовувати на різних платформах, таких як *Unity Asset Store, Unreal Engine Marketplace, itch.io, OpenGameArt.org* та інших ресурсах, де розробники діляться своїми роботами.

Використання пакетів візуальних ефектів може значно спростити процес розробки ігор, дозволяючи зосередитися на інших аспектах розробки, таких як геймдизайн, механіка та сюжет. Вони надають можливість швидко та ефективно покращити візуальну складову гри.

Саме пакет ассетів, що розробляється, зосереджений на виконанні завдань заповнення візуального виду гри. Його ключовими особливостями є легкий імпорт у проект та процедурна зміна кольору.

Від такої ідеї ми відштовхуватимемося далі напротязі усієї кваліфікаційної роботи.

2.3.2 Состав ассету

Ассет візуального 2*D* - ефекту матиме наступний склад:

– покадрова анімація, заздалегідь створена у візуальному редакторі;

– додаткові ефекти, додані засобами ігрового движка.

Якщо покадрова анімація була розібрана в попередніх розділах, то додаткові ефекти, додані засобами ігрового двигуна, будуть детально розібрані далі.

Найголовнішим способом додати кращу деталізацію ефекту, використовуючи інструменти двигуна є використання систем частинок, аналоги яких існують у будь-якому сучасному ігровому двигуні. Відміною частиною цієї технології є те, що різні варіації системи частинок використовують або головний процесор, або графічний процесор для функціонування. Вибір повинен обґрунтовуватись на технологіях, які пропонує ігровий двигун. Приклади використання систем частинок у різних двигунах можна переглянути на рисунках 2.11, 2.12 та 2.13

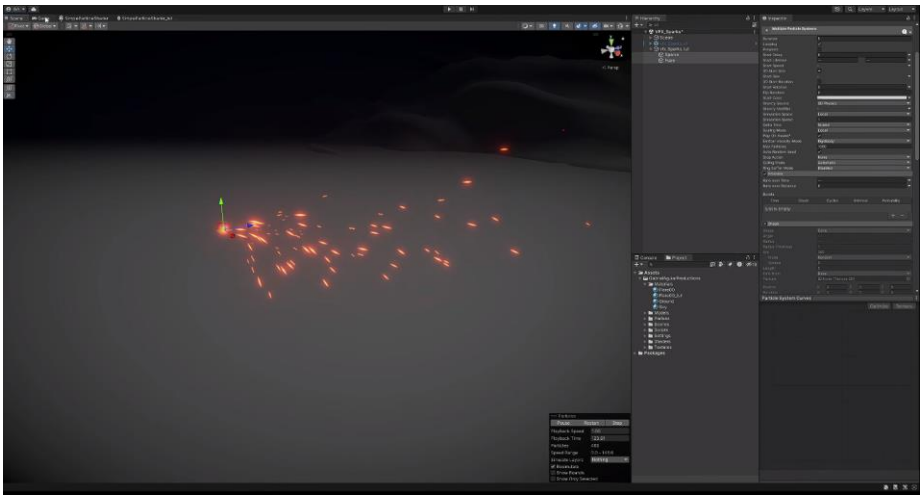


Рис. 2.11. Використання аналогу системи частинок у ігровому двигуну Unity

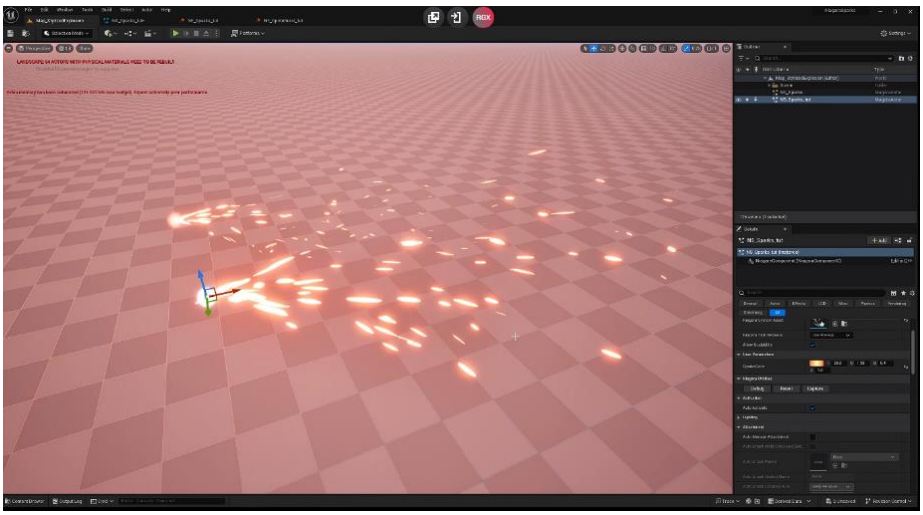


Рис. 2.12. Використання аналогу системи частинок у ігровому двигуну Unreal Engine

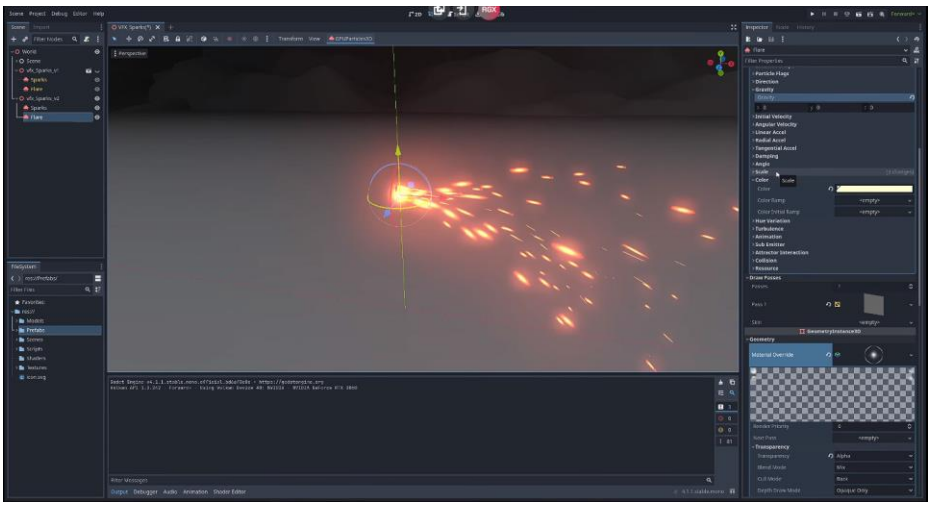


Рис. 2.13. Використання аналогу системи частинок у ігровому двигуну Godot

Таким чином, ігровий ефект буде мати яскравий та гідний вигляд у разі комплексного підходу до його розробки шляхом комбінування технології системи частинок та покадрової анімації.

Сам набір візуальних ефектів складатиметься зі спеціальної папки, в якій зберігатимуться готові до використання візуальні ефекти, а також демонстраційна сцена, на якій будуть розміщені всі доступні ефекти для наочної демонстрації можливостей.

2.4 Аналіз використаних технологій

2.4.1 *Sprite Sheet* та *Batching*

Sprite Sheet є сучасною технологією угруповання та компресії *2D* - зображень. Ефективно працює для угрупування елементів, але головною перевагою є використання одного файлу для зберігання безлічі зображень, що відчутно спрощує робочий процес та сприяє використанню бетчингу (англ. *Batching*) для оптимізації ігрових механізмів.

Batching у іграх – це техніка оптимізації рендерингу, яка об'єднує кілька дрібних рендерних завдань у більші завдання, щоб зменшити кількість викликів до графічного процесора (*GPU*). Це значно покращує продуктивність, особливо в іграх з великою кількістю об'єктів або ефектів на екрані одночасно.[21]

Для ефективного *batching* об'єкти повинні мати однакові матеріали та текстури. Якщо об'єкти використовують різні матеріали або текстури, їх неможливо об'єднати в один батч. Тому важливо оптимізувати матеріали і текстури, щоб максимізувати використання batching.

Багато ігрових двигунів, таких як *Unity* і *Unreal Engine*, мають вбудовану підтримку batching, що дозволяє автоматично об'єднувати об'єкти для оптимізації рендерингу. Також існують спеціальні інструменти та плагіни, які можуть допомогти з налаштуванням та оптимізацією batching у грі.

Приклад ручного налаштування роботи *batching* у двигуні *Unity* можна переглянути на рисунку 2.14

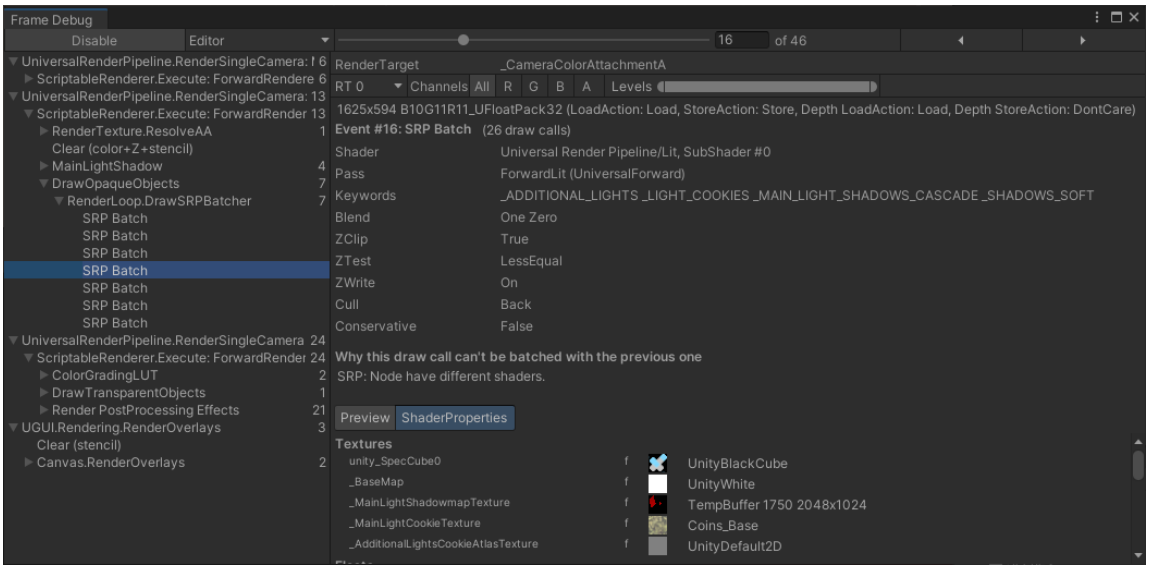


Рис. 2.14. Приклад ручного налаштування роботи batching у двигуні Unity

Таким чином, в ігровому контексті, технологією *Sprite Sheet* можна групувати, наприклад, тайли для левелів - дизайну, заготівлі масок для ефектів і, як у нашому випадку, кадри для анімацій. Використання такого методу є дуже оптимізованним для продуктивності комп'ютера у випадку комбінації із технологією *Batching* Приклади використання технології *Sprite Sheet* можна переглянути на

2.4.2 *Particle System*

Для додавання комплексності та видовищності для ефектів вони будуть доповнені процедурними частинками, які створюються всередині середовища обраного ігрового движка. Складність полягає в адаптації ефектів до системи частинок певного двигуна, адже кожен сучасний ігровий двигун має свою реалізацію системи частинок з перевагами та недоліками.

Основними критеріями оцінювання є оптимізація технології, тип процесора, що використовується при роботі, гнучкість і деталізація налаштувань, зручність інтерфейсу і так далі. Відштовхуючись від цих критеріїв, буде проведено аналіз аналогів технологій системи частинок у існуючих популярних ігрових двигунах. У таблиці 2.1 зображено аналоги та опис систем частинок у популярних ігрових двигунах. [22]

Таблиця 2.1

Аналоги та опис систем частинок у популярних ігрових двигунах

Назва ігрового двигуну	Назва системи частинок	Опис системи частинок
Unity	*Shuriken*	Інструмент для створення візуальних ефектів у реальному часі. Вона дозволяє розробникам легко налаштовувати властивості частинок, включаючи їх колір, розмір, швидкість і життєвий цикл. Shuriken має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс і підтримує модульну структуру, що забезпечує гнучкість у створенні складних ефектів.
Unreal Engine	*Niagara*	Потужний і гнучкий інструмент для створення та керування візуальними ефектами, такими як дим, вогонь, вибухи, вода та інші явища. Niagara дозволяє розробникам створювати складні системи частинок з високим рівнем деталізації та реалістичності.
Godot	*2D/3D particle systems*	Система частинок у Godot дозволяє створювати різноманітні візуальні ефекти. Вона підтримує як 2D, так і 3D частинки, забезпечуючи різноманітні можливості для їх налаштування.

2.4.3 *Post-processing*

Для покращення якості візуальних ефектів можна використовувати вбудовані в ігровий двигун засоби пост-обробки.

Постобробка в іграх – це процес обробки зображення після основного рендерингу сцени, що дозволяє значно покращити візуальну якість та деталізацію [23]. Цей етап особливо важливий для 2*D* ефектів, оскільки він додає глибину, реалістичність та естетичну привабливість. Серед ключових аспектів постобробки, які використовуються для покращення якості 2*D* ефектів в іграх, важливо зазначити наступні аспекти:

1. Ефект світіння додає яскравим об'єктам і частинкам ореол, що робить їх більш виразними. Це особливо корисно для 2D ефектів, таких як вогонь, магічні спалахи чи блискавки. Приклад застосування ефекту світіння можна переглянути на рисунку 2.15.

Рис. 2.15. Приклад застосування ефекту світіння у грі «*Ori and the Blind Forest*»

2. Цвітокорекція та колірні фільтри дозволяють змінювати кольорову гаму сцени, роблячи її більш насиченою або створюючи певний настрій. Наприклад, додавання теплих відтінків може зробити сцену затишнішою, а холодні тони — більш драматичною.

3. Розмиття використовується для створення глибини або фокусування уваги на певних елементах сцени. Ефект розмиття додає реалістичності рухам

ігрових об'єктів та може створити відчуття швидкості або динаміки [25]. Приклад застосування ефекту розмиття можна переглянути на рисунку 2.16.

Рис. 2.16. Приклад застосування ефекту розмиття у грі «*Dishwasher: Vampire Smile*»

4. Ефекти освітлення та тіней також є одним з таких аспектів. Хоча 2*D* ігри зазвичай не використовують об'ємне освітлення, постобробка може додати псевдо-об'ємні тіні та відблиски, що значно підвищує візуальну складність сцени. Приклад застосування ефекту освітлення та тіней можна переглянути на рисунку 2.17.

Рис. 2.17. Приклад застосування ефекту освітлення та тіней у грі «The *Coma*»

5. Спеціальні шейдери дозволяють створювати унікальні візуальні ефекти, такі як хвилі, спотворення або збої зображення, що може додати ігровому процесу більше драматизму та оригінальності.

Загалом, постобробка є важливим етапом у створенні якісних 2*D* ефектів в іграх. Вона дозволяє значно покращити візуальне сприйняття, додаючи глибину, реалістичність та естетику до ігрового процесу.

Висновки до другого розділу

1. У процесі аналізу деталей, необхідних для розробки пакету візуальних ефектів для 2*D* - ігор, був розроблен відповідний пайплайн, до якого буде дотримуватися процес розробки фінального продукту.

2. Було чітко позначено ідею паркету візуальних ефектів, а також сформовано складові готового до викладання на майданчики результату.

3. Було докладно описано труднощі та технології, які будуть використовуватися в процесі розробки пакету візуальних ефектів для 2*D* - ігор.

РОЗДІЛ 3
РЕАЛІЗАЦІЯ

3.1 Вибір інструментів реалізації

3.1.1 Вибір інструментів малювання

Для створення ескізів візуальних ефектів був обран графічний редактор *PaintToolSAI* 2 з кількох вагомих причин, які роблять цю програму незамінним інструментом у моїй роботі.

Однією з ключових переваг *PaintToolSAI* 2 є його високий рівень оптимізації. Програма розроблена таким чином, щоб ефективно використовувати ресурси комп'ютера, що забезпечує плавну та стабільну роботу навіть на системах із середніми технічними характеристиками. Для художників це надзвичайно важливо, тому що у цій професії часто доводиться працювати з великими та деталізованими проектами, які можуть вимагати значних обчислювальних потужностей.

Другим не менш важливим аспектом є простий та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс *PaintToolSAI* 2. Програма пропонує зручні інструменти для малювання та редагування, які легко освоюються навіть початківцями. У PaintToolSAI 2 відсутні надмірні елементи та складні налаштування, що дозволяє зосередитись безпосередньо на творчому процесі. Інтуїтивне керування пензлями, шарами та іншими елементами програми допомагає економити час та підвищує продуктивність. Загальний інтерфейс *PaintToolSAI* 2 можна побачити на рисунку 3.1.

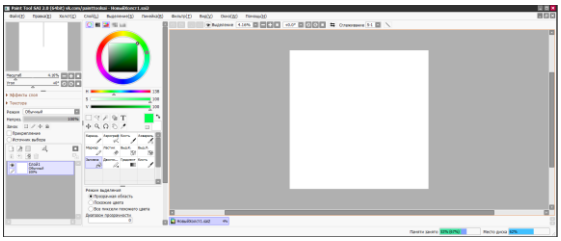


Рис. 3.1. Загальний інтерфейс *PaintToolSAI* 2

Незважаючи на свою простоту, *PaintToolSAI* 2 має багатий набір функцій, необхідних для професійного створення ескізів візуальних ефектів. Програма підтримує роботу із шарами, що дозволяє легко вносити зміни та експериментувати з різними елементами зображення. Також доступні різноманітні кисті та інструменти, які забезпечують широкий діапазон можливостей для створення деталізованих та якісних малюнків Інтерфейс інструментарію *PaintToolSAI* 2 можна побачити на рисунку 3.2.

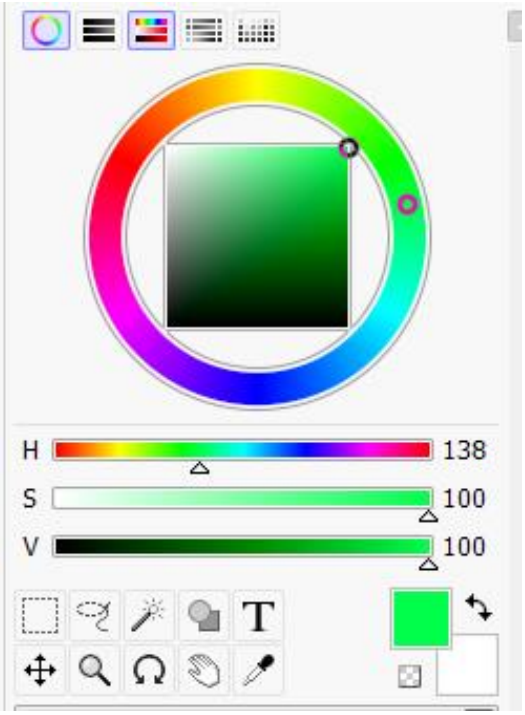


Рис. 3.2. Інтерфейс інструментарію *PaintToolSAI* 2

Програма підтримує різні формати файлів, що полегшує інтеграцію з іншими графічними редакторами та інструментами, які я використовую у роботі. Це дозволяє легко обмінюватися проектами з колегами та клієнтами, а також імпортувати та експортувати зображення без втрати якості.

Спільно, ці переваги роблять *PaintToolSAI* 2 ідеальним вибором для даної роботи над ескізами візуальних ефектів. Програма забезпечує баланс між функціональністю, зручністю використання та продуктивністю, що дозволяє ефективно втілювати творчі ідеї у життя.

Під час пошуку відповідного графічного редактора для малювання та анімації кадрів було зроблено висновок, що *Aseprite* є найкращим варіантом для

створення 2*D* візуальних ефектів для ігор. Цей вибір було зроблено на основі низки ключових переваг, які *Aseprite* пропонує своїм користувачам.

Aseprite спеціально розроблений для роботи з піксельною графікою, що робить його ідеальним інструментом для створення 2*D* анімації та візуальних ефектів для ігор. Програма надає всі необхідні інструменти для роботи з піксельною графікою, включаючи підтримку шарів, анімаційних кадрів та таймлайнів. Це дозволяє створювати деталізовані та плавні анімації, які є важливими елементами у розробці ігрових візуальних ефектів.

Однією з головних переваг Aseprite є його простий та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс. Програма пропонує зручні панелі інструментів та налаштувань, які легко освоїти навіть початківцям. Завдяки цьому можна швидко приступити до роботи та зосередитись на творчому процесі, не відволікаючись на складні налаштування та вивчення інтерфейсу. Інтерфейс *Aseprite* можна побачити на рисунку 3.3.

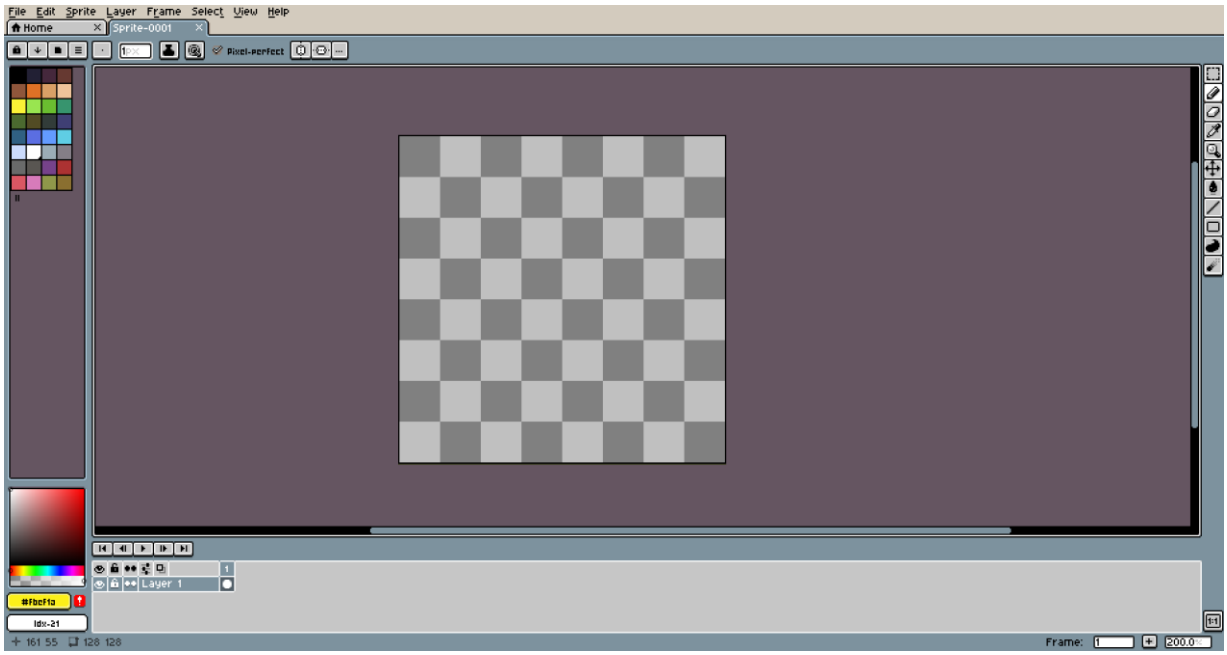


Рис. 3.3. Інтерфейс *Aseprite*

Aseprite надає великий набір інструментів, спеціально розроблених для створення анімації. Це включає функції цибулинного скінінгу (*onion skinning*), які дозволяють бачити попередні і наступні кадри анімації, що спрощує процес створення плавних переходів між кадрами. Також доступні інструменти для

керування швидкістю анімації та циклічності, що дозволяє точно налаштувати кожен рух та ефект.

Програма підтримує роботу з шарами, що дозволяє розділяти різні елементи анімації та візуальних ефектів на окремі шари. Це спрощує процес редагування та внесення змін, а також дає можливість експериментувати з різними комбінаціями елементів. Режими змішування шарів дозволяють створювати складні візуальні ефекти, додаючи глибину та реалізм до робіт. Система шарів *Aseprite* можна побачити на рисунку 3.4.

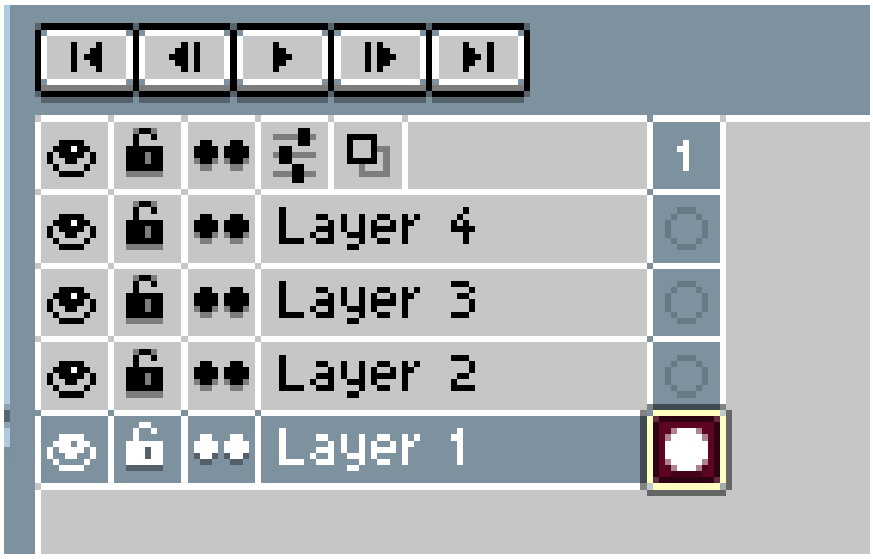


Рис. 3.3. Система шарів *Aseprite*

Aseprite підтримує експорт анімацій до різних форматів, включаючи *.gif*, *.png*, і *.json*, що робить його зручним для інтеграції з ігровими двигунами та іншими інструментами розробки. Це дозволяє легко імпортувати створені анімації та візуальні ефекти в ігрові проекти, забезпечуючи високу якість та точність відтворення.

В результаті, *Aseprite* надає всі необхідні інструменти та функції для створення високоякісних 2*D* анімацій та візуальних ефектів для ігор. Його спеціалізація на піксельній графіці, інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, широкий набір інструментів для анімації, підтримка шарів та експорт у різні формати роблять його ідеальним вибором для цієї роботи.

3.1.2 Вибір ігрового двигуна

При пошуку відповідного ігрового двигуна для реалізації намальованих ефектів було зроблено висновок, що *Unity* є найкращим варіантом для створення 2*D* ігор. Цей вибір було зроблено на основі ряду ключових переваг, які *Unity* пропонує своїм користувачам, особливо для інді-розробників.

Unity на сьогоднішній день є одним із найпопулярніших і широко використовуваних двигунів для розробки ігор, особливо серед інді-розробників. Величезна спільнота розробників, безліч навчальних матеріалів, форумів та ресурсів роблять *Unity* доступним та підтримуваним інструментом для будь-якого рівня користувача, від новачка до професіонала.

Unity пропонує потужний набір інструментів, спеціально розроблених для створення 2*D* ігор. Вбудовані функції для роботи з 2*D* спрайтами, анімацією та фізикою спрощують процес розробки та дозволяють зосередитись на створенні якісного контенту. Інтеграція з інструментами для створення 2*D* анімацій, такими як *Aseprite*, забезпечує легкий імпорт та керування візуальними ефектами. Приклад 2D гри, розробленої на Unity з якісними візуальними ефектами, зображено на рисунку 3.4.

Рис. 3.4. Гра «*Enter The Gungeon*», що була розроблен на *Unity*

Unity володіє потужними інструментами для створення та реалізації візуальних ефектів та анімацій. Використання вбудованого анімаційного

редактора, системи частинок та шейдерів дозволяє створювати складні та вражаючі візуальні ефекти. Це особливо важливо для інді-розробників, які прагнуть надати своїм іграм унікального та професійного вигляду.

Unity пропонує інтуїтивно зрозумілий інтерфейс та гнучкі можливості налаштування, що робить його доступним для розробників з будь-яким рівнем досвіду. Безліч готових шаблонів та ассетів, доступних у *Unity Asset Store*, дозволяють значно прискорити процес розробки та зосередитись на креативній частині проекту. Інтерфейс *Unity*, зображено на рисунку 3.5.

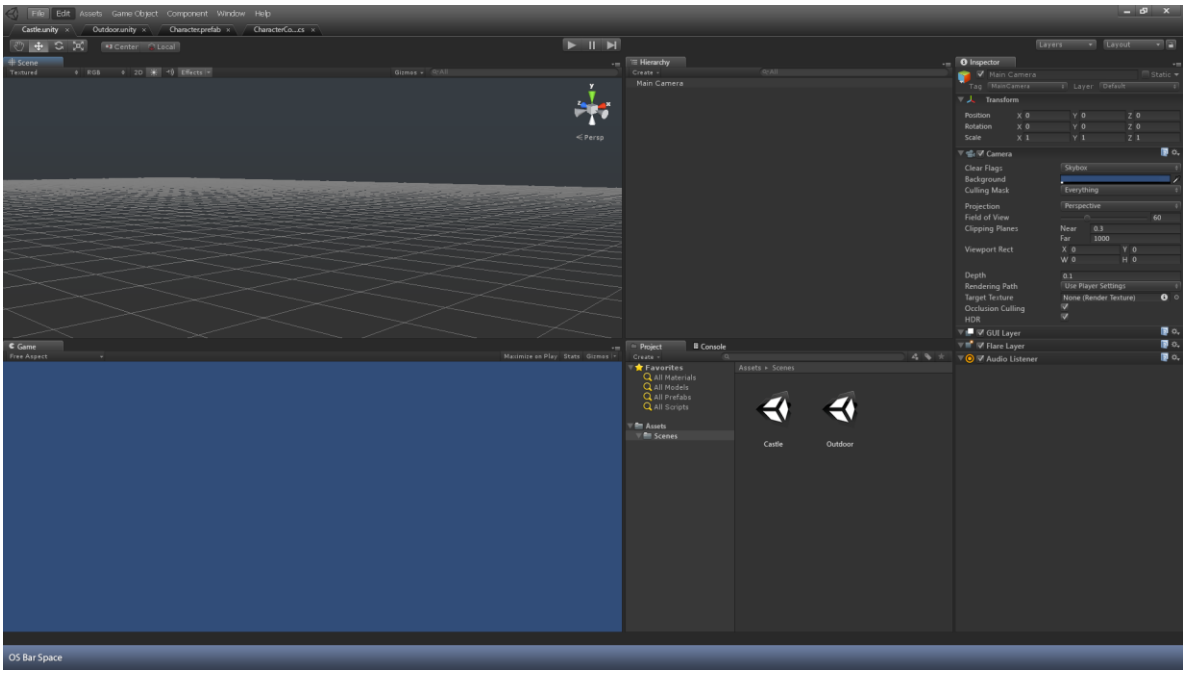


Рис. 3.5. Інтерфейс *Unity*

Unity використовує мову програмування *C#*, яка є однією з найпопулярніших мов, що легко освоюються. Це робить процес написання коду доступнішим для розробників. Також *Unity* пропонує інструменти для візуального скриптингу, такі як Bolt, які дозволяють створювати ігрову логіку без необхідності писати код, що особливо корисно для дизайнерів та художників.

Таким чином, *Unity* надає всі необхідні інструменти та можливості для створення високоякісних 2*D* ігор із намальованими ефектами. Його популярність, потужні 2*D* інструменти, кросплатформеність, простота

використання, підтримка *C#* та візуального скриптингу, а також активна спільнота роблять його ідеальним вибором для реалізації моїх проектів.

3.2 Пошук референсів

Було обрано сервіс *Pinterest* для пошуку референсів, тому що він надає величезний вибір візуальних матеріалів, які легко сортувати та зберігати у тематичні колекції. Завдяки інтуїтивно зрозумілому інтерфейсу *Pinterest* стає можливим швидко знаходити та організовувати зображення, які відповідають поточним проектам та творчим завданням. Можливість створювати дошки на теми допомагає структурувати ідеї та тримати все необхідне під рукою. Таким чином, *Pinterest* стає незамінним інструментом для виділення потрібних деталей та отримання натхнення для майбутніх робіт.

Pinterest – це онлайн-платформа та соціальна мережа, яка дозволяє користувачам знаходити, зберігати та ділитися візуальним контентом. Сервіс був створений для натхнення та творчості, надаючи можливість збирати та організовувати зображення, відео та ідеї з інтернету у вигляді "пінів" на віртуальних "дошках". *Pinterest* охоплює широкий спектр тем, включаючи мистецтво, дизайн, моду, кулінарію, подорожі та багато іншого. Зовнішній вигляд *Pinterest* можна побачити на рисунку 3.6.

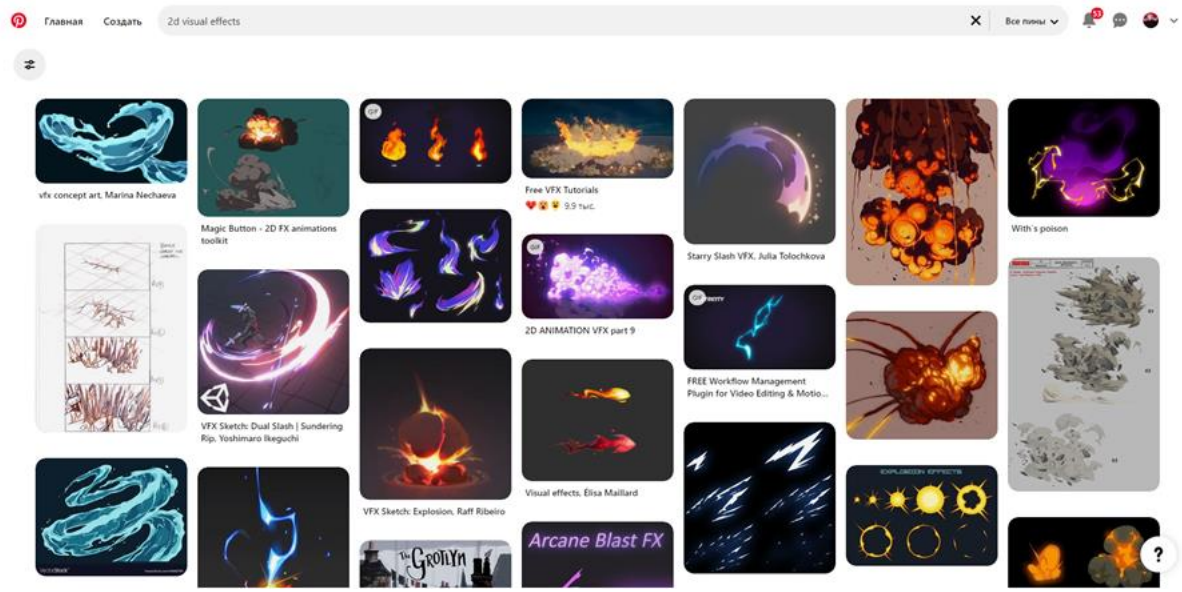


Рис. 3.6. Зовнішній вигляд *Pinterest*

Однією з ключових особливостей *Pinterest* є інтуїтивно зрозумілий інтерфейс. Користувачі можуть створювати тематичні дошки, на які вони зберігають зображення, що їм сподобалися, звані "пінами". Ці дошки допомагають структурувати та організовувати контент за категоріями, що робить процес пошуку та збереження ідей упорядкованим та зручним. Наприклад, художник може створити окремі дошки для різних проектів, таких як ескізи персонажів, фони, палітри кольорів або текстури.

Pinterest також пропонує потужні інструменти пошуку контенту. Вбудована пошукова система дозволяє знаходити зображення за ключовими словами, а алгоритми платформи рекомендують схожі піни на основі інтересів користувача і збережених зображень. Це полегшує пошук референсів і надихаючих матеріалів, навіть якщо користувач не має чіткого уявлення про те, що саме він шукає.

Крім того, *Pinterest* підтримує соціальні взаємодії. Користувачі можуть стежити за дошками та обліковими записами інших людей, залишати коментарі та ділитися пінами через інші соціальні мережі. Це створює спільнота, де люди можуть обмінюватися ідеями та натхненням, а також знаходити однодумців.

Таким чином, Pinterest став незамінним інструментом пошуку референсів. Він дає змогу швидко знаходити та зберігати візуальні матеріали, які допомагають у роботі. Створюючи тематичні дошки, можна структурувати ідеї та тримати усі необхідні зображення під рукою. Отже, *Pinterest* допомагає виділяти потрібні деталі для майбутніх проектів та забезпечує постійний потік натхнення, що сприяє розвитку творчості.

3.3 Малювання ескізів

Після аналізу актуальних візуальних ефектів, які мають попит у більшості проектів, було вирішено вибрати і реалізувати наступні ефекти: вибухи, пар, ураган, снаряди блискавки тощо.

Ці ефекти є ключовими елементами у створенні динамічних та захоплюючих візуалів, які додають глибину та реалізм до ігрового процесу. Наприклад, вибухи привертають увагу та створюють драматичні моменти,

посилюючи відчуття небезпеки та напруження. Пар додає атмосферності і допомагає створити відчуття навколишнього середовища, чи то пар від гарячої поверхні або туман, що огортає місцевість.

Ефекти блискавки та урагана, надають грі більше імпакту від погодних та природних ефектів.

Вибір цих ефектів було зроблено на основі аналізу сучасних тенденцій в ігровій індустрії та їхньої популярності серед гравців. Вони не лише додають візуальної привабливості, а й відіграють важливу роль у створенні атмосфери та підтримці інтересу до гри.

Провівши дослідження та зібравши достатню кількість референсів, використовуючи таку платформу, як Pinterest, було визначено з формами, кольорами, динамікою та іншими важливими аспектами майбутніх ефектів. Тепер час відкрити програму Paint Tool SAI 2 і почати роботу над ескізами ефектів, які будуть базою для подальшого створення повноцінних візуальних ефектів у програмі Aseprite. Цей процес включає кілька ключових етапів, кожен із яких важливий для досягнення кінцевого результату:

1. Відкривши Paint Tool SAI 2, налаштовуємо робочий простір, обираючи необхідні інструменти та пензлі. Це допомагає відразу розпочати роботу, не відволікаючись на налаштування під час процесу. Також створюємо кілька шарів, щоб мати можливість працювати з різними елементами ефекту окремо, що спрощує редагування та доопрацювання.

2. На цьому етапі починаємо малювати початкові ескізи. Ми працюємо в чорно-білому режимі, щоб зосередитися на формі та композиції ефекту, не відволікаючись на кольори. Для кожного ефекту створюємо кілька варіантів, експериментуючи з різними формами та динамікою. Цей етап є важливим для розробки основної структури ефекту та визначення його загального вигляду. На рисунку 3.7 зображено початкова версія ескізу ефекту блискавки.

Рис. 3.7. Початкова версія ескізу ефекту блискавки

3. Після створення початкових ескізів починаємо додавати деталі, опрацьовуючи текстури, контури та елементи руху. Ми використовуємо різні пензлі та інструменти *Paint Tool SAI* 2 для досягнення бажаного рівня деталізації. На цьому етапі також враховуємо взаємодію ефектів з оточенням, додаючи, наприклад, дим та уламки до вибухів або іскри та електричні розряди до плазмових ефектів. На рисунку 3.8 зображено деталізована версія ескізу ефекту блискавки.

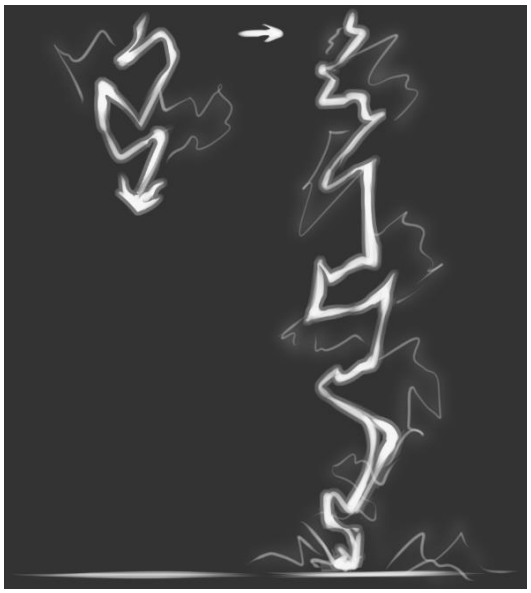


Рис. 3.8. Деталізована версія ескізу ефекту блискавки

4. Після того як ми задовільнені формою та деталями ескізів, приступаємо до кольорового опрацювання. Додаємо основні кольори та акценти, експериментуючи з кольоровими палітрами, щоб досягти потрібного настрою та атмосфери. Кольори відіграють важливу роль у передачі емоцій та реалізму, тому слід приділяти особливу увагу вибору відтінків та їх поєднанню. На рисунку 3.9. зображено фінальну версію ефекта блискавки.

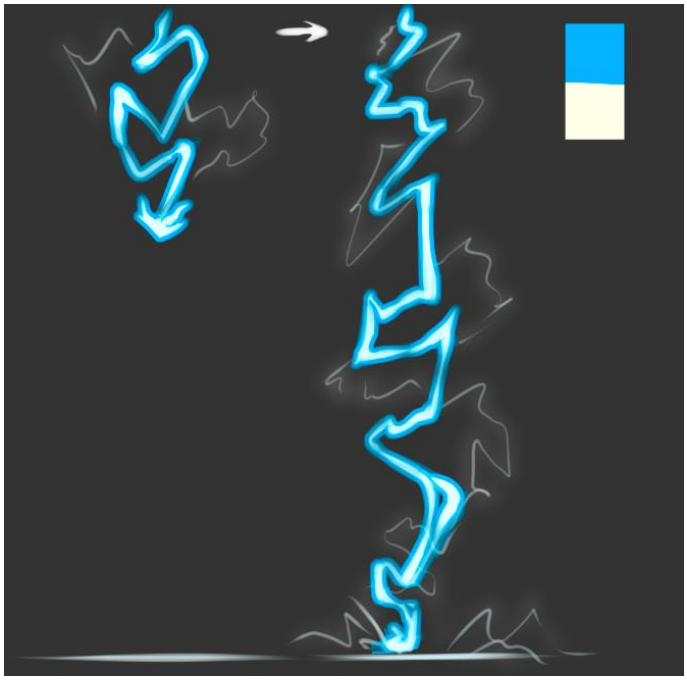


Рис. 3.9. Фінальна версія ескізу ефекту блискавки

5. Завершивши роботу над ескізами, ми робимо фінальні правки, перевіряючи кожну деталь та вносячи необхідні корективи. Коли вже повністю задовільнені результатом, то зберігаємо ескізи у відповідному форматі для подальшої роботи в *Aseprite*. Експортуючи ескізи, переконуємось, що всі елементи та шари збережені коректно, щоб їх легко можна було використати надалі.

На рисунках 3.10, 3.11, 3.12, 3.13, 3.14 та 3.15 можна переглянути зроблені по вказаної вище схемі готові ескізи для ефектів хресту, вогненого удару, плазми, вибуху, пару та урагану відповідно.

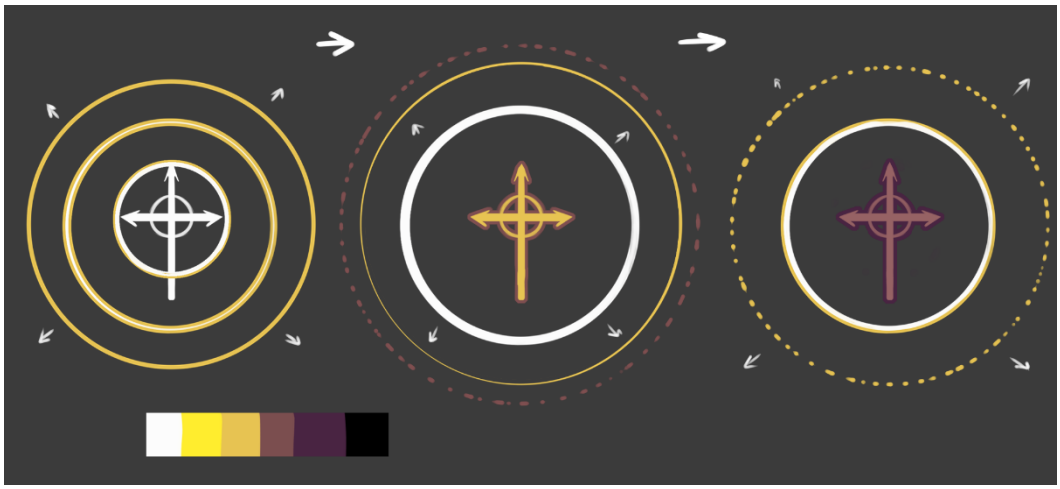


Рис. 3.10. Фінальна версія ескізу ефекту хресту

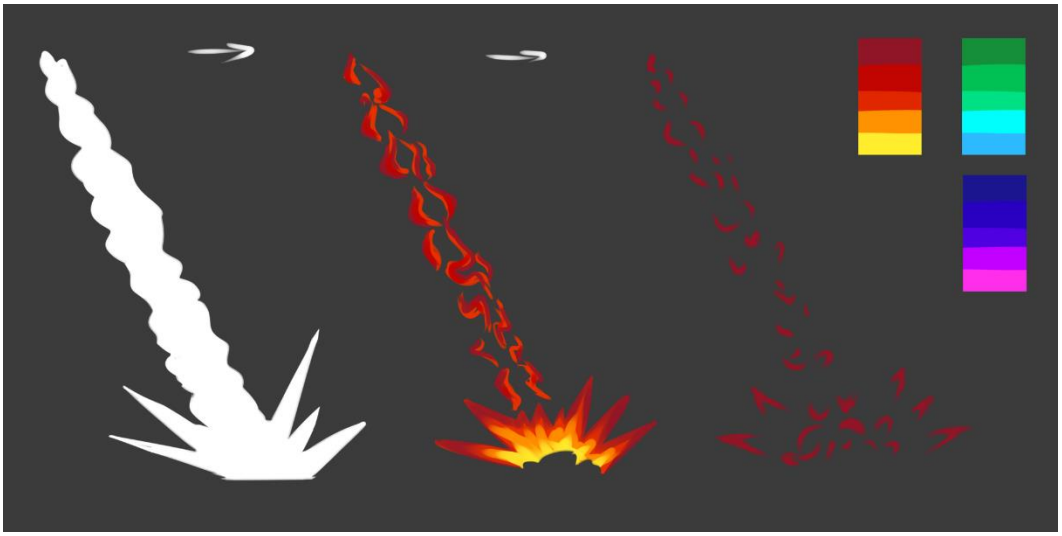


Рис. 3.11. Фінальна версія ескізу ефекту вогненого удару

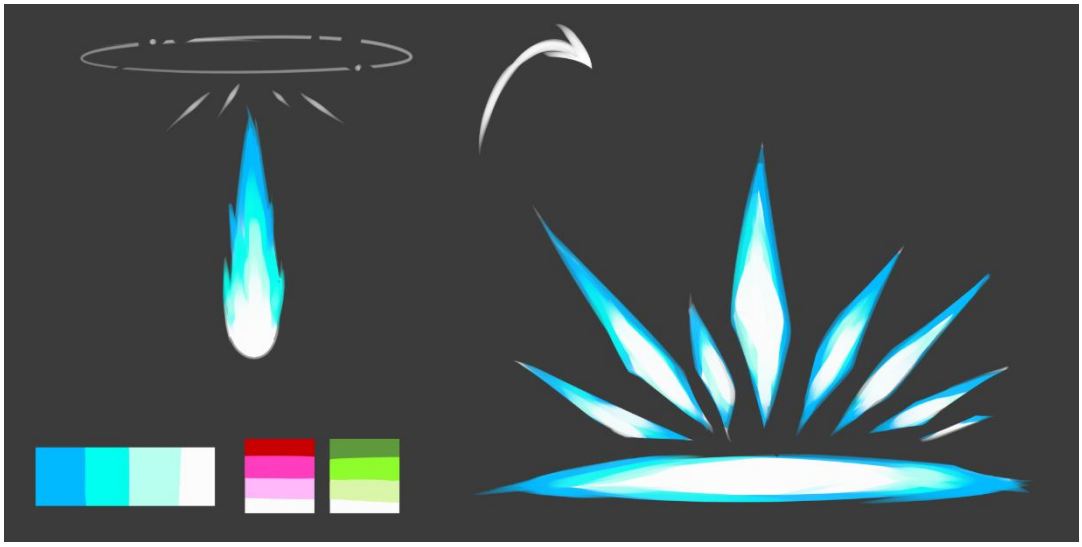


Рис. 3.12. Фінальна версія ескізу ефекту плазми

Рис. 3.13. Фінальна версія ескізу ефекту вибуху

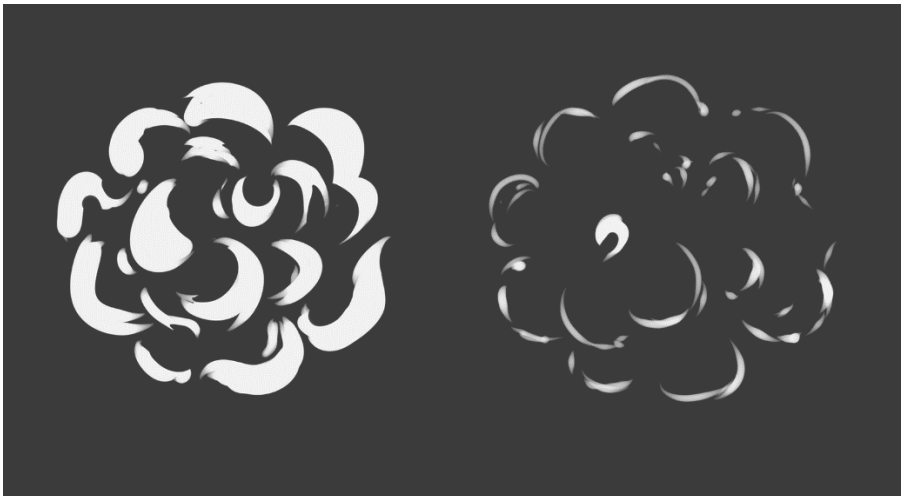


Рис. 3.14. Фінальна версія ескізу ефекту блискавки

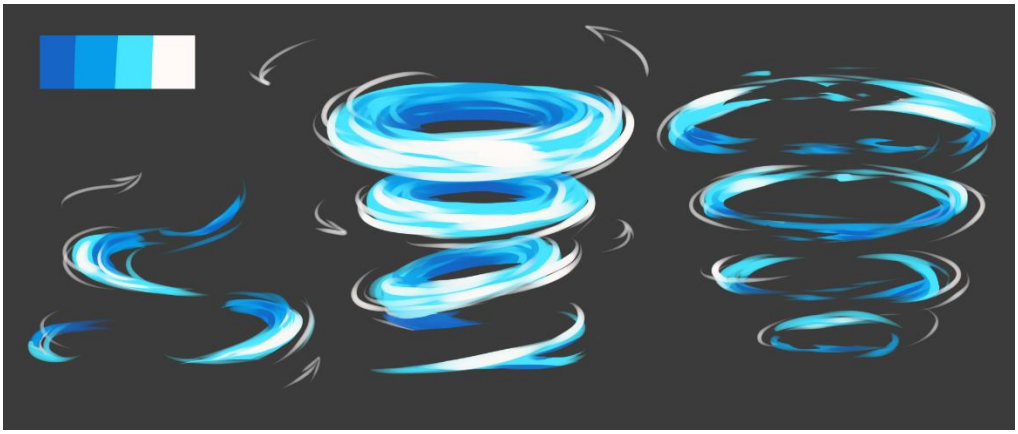


Рис. 3.15. Фінальна версія ескізу ефекту урагану

Цей процес дозволяє створювати якісні та деталізовані ескізи, які є міцною основою для розробки візуальних ефектів. *Paint Tool SAI* 2 пропонує зручні інструменти для малювання, що допомагає ефективно втілювати ідеї та готувати матеріали для подальшої роботи в *Aseprite*.

3.4 Малювання та анімація ефектів

3.4.1 Ефект вибуху

Вибухи є невід'ємною частиною багатьох ігор, особливо екшенів і шутерів. Вони створюють ефект раптовості та потужності, привертаючи увагу гравців до важливих подій у грі. Добре виконані вибухи включають безліч елементів: вогонь, дим, уламки, спалахи світла і звукові ефекти. Візуально реалістичні вибухи вимагають продуманої анімації та деталізованих частинок, які взаємодіють із оточенням. Використання правильних колірних палітр та світлових ефектів допомагає передати інтенсивність та масштаб вибуху. Результатива таблиця спрайтів для ефекту вибуху зображена на рисунку 3.16

Рис. 3.16. Таблиця спрайтів для ефекту вибуху

3.4.2 Ефект пару

Пара використовується для створення атмосфери та покращення сприйняття навколишнього середовища у грі. Це може бути гаряча пара, що піднімається від лави, або холодний туман, що стелиться по землі. Пара додає глибину і реалізм, а також може використовуватися для приховання об'єктів або створення відчуття загадковості. Анімація парових ефектів повинна бути плавною та безперервною, зі змінами щільності та прозорості, щоб імітувати природні рухи повітря та рідини. Результатива таблиця спрайтів для ефекту пару зображена на рисунку 3.17.

Рис. 3.17. Таблиця спрайтів для ефекту пару

3.4.3 Ефект плазми

Ефекти плазми використовуються в іграх для створення футуристичних та науково-фантастичних сцен. Плазма, як правило, зображується у вигляді яскравих, енергійних потоків, куль або вибухів. Ефекти плазми повинні включати яскраві, насичені кольори і світлові ефекти, щоб передати відчуття потужності і енергії. Анімація плазмових ефектів може включати електричні розряди і пульсуючі рухи, створюючи враження нестабільної і потужної енергії. Результатива таблиця спрайтів для ефекту плазми зображена на рисунку 3.18.

Рис. 3.18. Таблиця спрайтів для ефекту плазми

3.4.4 Ефект урагану

Ефект урагану зазвичай зображується у вигляді спірального руху повітряних потоків, які закручуються в центрі. Ефект супроводжується плавними анімаціями, що передають динаміку руху, і часто доповнюється звуковими ефектами, які підсилюють відчуття стихії. Візуальні параметри, такі як швидкість обертання, розмір вихору та кількість частинок, можуть бути налаштовані для створення різних рівнів інтенсивності, від легкого бризу до руйнівного урагану. Результатива таблиця спрайтів для ефекту урагану зображена на рисунку 3.19.

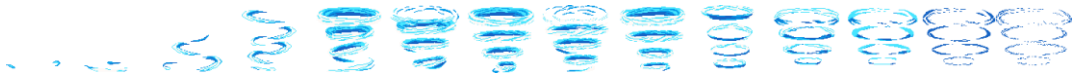


Рис. 3.19. Таблиця спрайтів для ефекту урагану

3.4.5 Ефект вогненого удару

Ефект вогненого удару зазвичай зображується у вигляді яскравого світлового сліду з вогняним ядром, що залишає за собою шлейф іскор і диму. Ефект супроводжується плавною анімацією, що передає швидкість і рух удару, і часто доповнюється звуковими ефектами, які підсилюють відчуття імпакту. Візуальні параметри, такі як колір, розмір, швидкість руху та інтенсивність світіння, можуть бути налаштовані для створення різних варіацій ефекту, від невеликого до масивного удару.. Результатива таблиця спрайтів для ефекту вогненого удару зображена на рисунку 3.20.

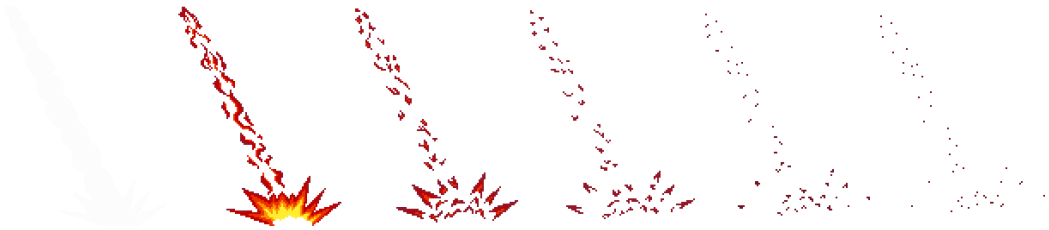


Рис. 3.20. Таблиця спрайтів для ефекту вогненого удару

3.4.6 Ефект блискавки

Ефекти блискавки використовуються для додання драматичності та інтенсивності в ігровій сцени. Блискавка зазвичай зображується у вигляді звивистої лінії зі світінням, яка швидко з'являється і зникає, супроводжуючись відповідними звуковими ефектами. Візуальні параметри, такі як колір, яскравість і товщина лінії, можуть бути налаштовані для створення різних варіацій ефекту, від м'яких електричних іскор до потужних грозових розрядів. Результатива таблиця спрайтів для ефекту блискавки зображена на рисунку 3.21.

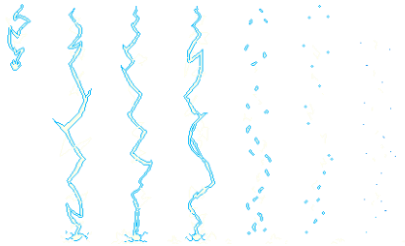


Рис. 3.21. Таблиця спрайтів для ефекту блискавки

3.4.7 Ефект хресту

Ефекти хресту створює враження священного символу, який випромінює енергію або світло, як у грі «*Castlevania*». Хрест зазвичай зображується у вигляді яскравого, сяючого символу, що може обертатися або мерехтіти, часто супроводжуючись анімаціями, які підкреслюють його магічну природу. Ефект може бути доповнений світловими спалахами або ореолом навколо хреста, підсилюючи його впливовий вигляд..Результатива таблиця спрайтів для ефекту кресту зображена на рисунку 3.22.

Рис. 3.22. Таблиця спрайтів для ефекту хресту

Кожен із цих ефектів відіграє важливу роль у створенні динамічних та захоплюючих ігрових сцен, додаючи візуальну привабливість та підтримуючи атмосферу гри. Їх реалізація вимагає ретельного опрацювання деталей, анімації та взаємодії з оточенням, щоб вони виглядали реалістично та вражаюче.

3.5 Формування ассету

3.5.1 Экспорт у ігровий двигун

Після того, як усі фрейми були намальовані та підготовлені до експорту, у програмі *Aseprite* відбувається конвертація фреймів у таблицю спрайтів. Процес експорту можна побачити на рисунку 3.23.

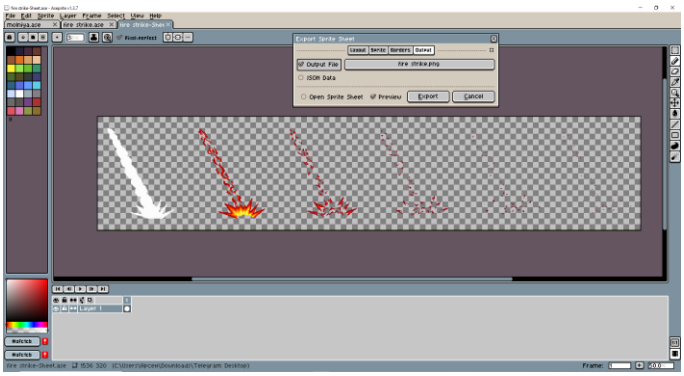


Рис. 3.23. Процес експорту ефекту

Наступним кроком стане експорт таблиці спрайтів до ігрового двигуна. Для початку ми створюємо 2*D* проект у *Unity*, котрий стане для нас тестувальним полігоном для усіх наших ефектів. Процес створення проекту можна побачити на рисунку 3.24.

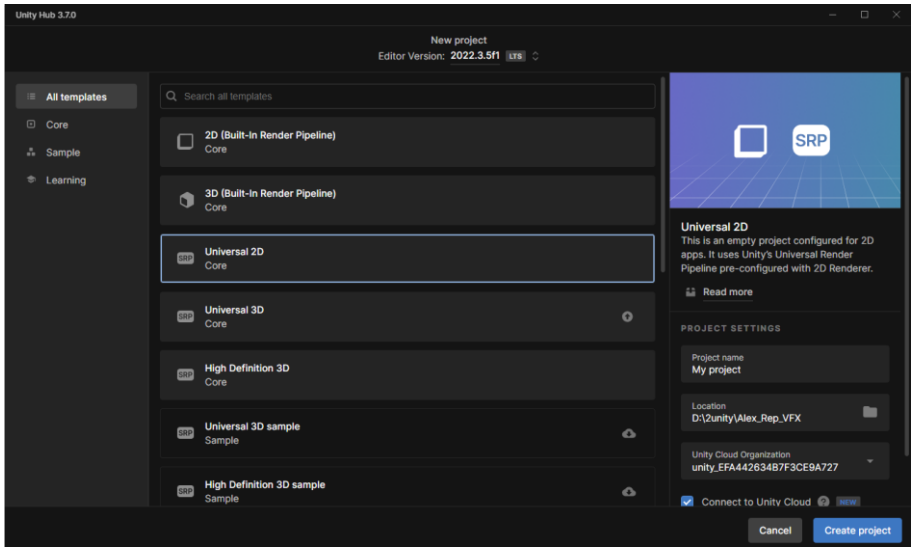


Рис. 3.24. Процес створення проекту

Насамперед ми бачимо порожню сцену, на якій ми створемо платформу для ефектів. Переносимо існуючі таблиці спрайтов до окремої папки. Вигляд папки можна переглянути на рисунку 3.25.

Рис. 3.25. Вигляд папки для спрайтів

3.5.2 Створення ефектів у середовищі двигуна

Для створення першого ефекту ми слідуємо наступним крокам:

1. Створюємо шаблон системи частинок, котрий буде використан для відображення намальованого ефекту. Даємо йому назву нашого ефекту. Зовнішний вигляд базової системи частинок можна переглянути на рисунку 3.26.

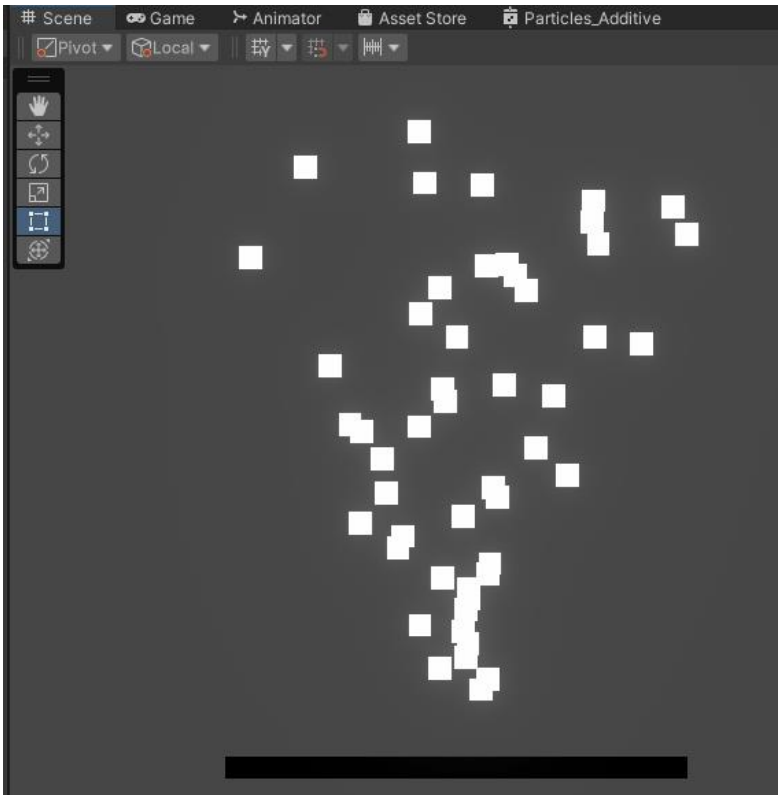


Рис. 3.26. Базова система частинок *Unity*

2. У налаштуваннях системи частинок треба виставити початкову швидкість на 0, а у параметрах *Emission* встановити один спалах із одним фреймом. Вигляд налаштувань можна побачити на рисунку 3.27.

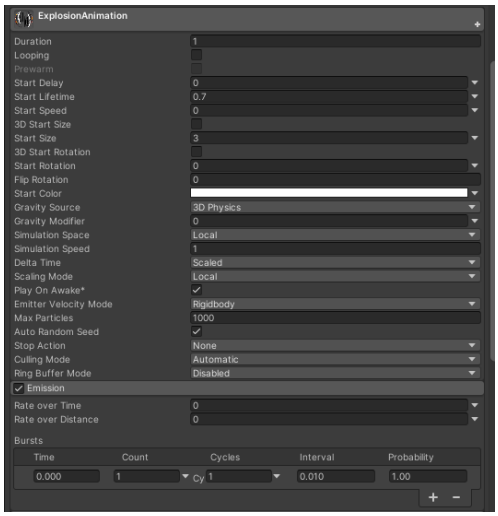


Рис. 3.27. Стартові налаштування для анімації системи частинок

3. Створюємо новий матеріал, для якого обираємо шейдер *ParticlesAdditive,* та виставляємо для цього матеріалу текстуру у вигляді

експортованого *Sprite Sheet*. Фінальний вигляд матеріалу для анімації можна переглянути на рисунку 3.28.

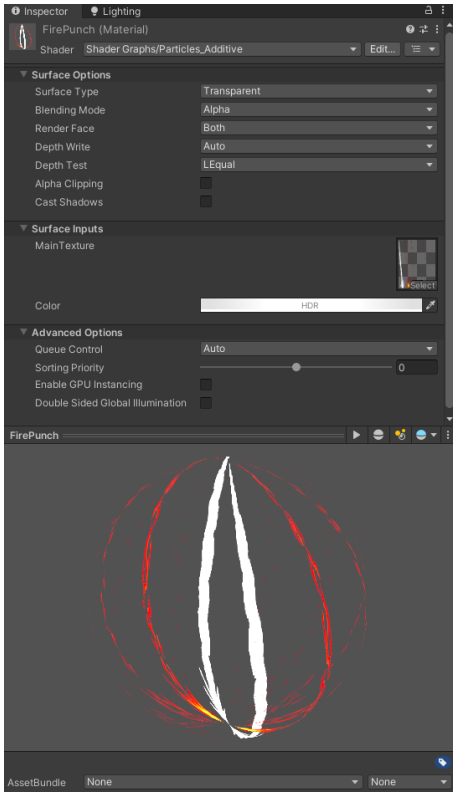


Рис. 3.28. Фінальний вигляд матеріалу для анімації

4. Виставляємо створенний матеріал у вкладці *Renderer* системи частинок. Далі обираємо вкладку *Texture Sheet Animation* та виставляємо в налаштуванні Tiles значення розміру нашої таблиці спрайтів. Фінальний вигляд налаштувань вкладки *Texture Sheet Animation* можна переглянути на рисунку 2.29.

Рис. 3.29. Фінальний вигляд налаштувань вкладки *Texture Sheet Animation*

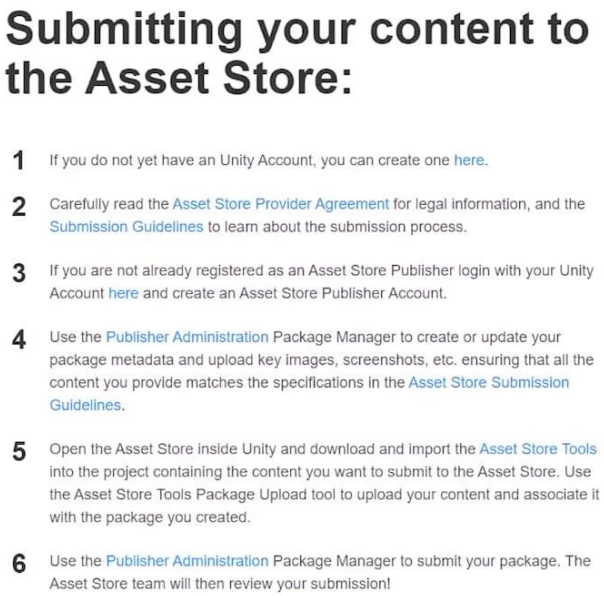
5. Наступним кроком додаємо додаткові частинки засобами ігрового двигуну для збільшення відчуття імпакту від ефекту. Фінальний вигляд ефекту можна переглянути на рисунку 3.30.

Рис. 3.30. Фінальний вигляд ефекту після усіх налаштувань

Робимо із готового ефекту префаб, який розташуємо у спеціальну папку із готовими ефектами. Повторюємо процес для кожного ефекту.

3.5.3 Створення готового пакету ефектів для *Unity Asset Store*

Коли кожен ефект був перетворен у готовий префаб, розташовуємо кожен ефект на сцену для демонстрації ефектів. Переміщуємо папку із префабами та тестову сцену у одну папку для подальшого упаковання та розташування на майданчику *Unity Asset Store*. Слідкуємо офіційному посібнику *Unity* для того, щоб почати розташувати власні пакети на майданчинку для продажі асетів. Зображення посібнику можна переглянути на рисунку 3.31.



Submitting your content to the Asset Store:

1. If you do not yet have an Unity Account, you can create one here.
2. Carefully read the Asset Store Provider Agreement for legal information, and the Submission Guidelines to learn about the submission process.
3. If you are not already registered as an Asset Store Publisher login with your Unity Account here and create an Asset Store Publisher Account.
4. Use the Publisher Administration Package Manager to create or update your package metadata and upload key images, screenshots, etc. ensuring that all the content you provide matches the specifications in the Asset Store Submission Guidelines.
5. Open the Asset Store inside Unity and download and import the Asset Store Tools into the project containing the content you want to submit to the Asset Store. Use the Asset Store Tools Package Upload tool to upload your content and associate it with the package you created.
6. Use the Publisher Administration Package Manager to submit your package. The Asset Store team will then review your submission!

Рис. 3.30. Фінальний вигляд ефекту після усіх налаштувань

Після виконання усіх завдань із налаштуванням та розташуванням пакету асетів, маємо готовий результат. Вміст пакету асетів можна переглянути на рисунку 3.31.

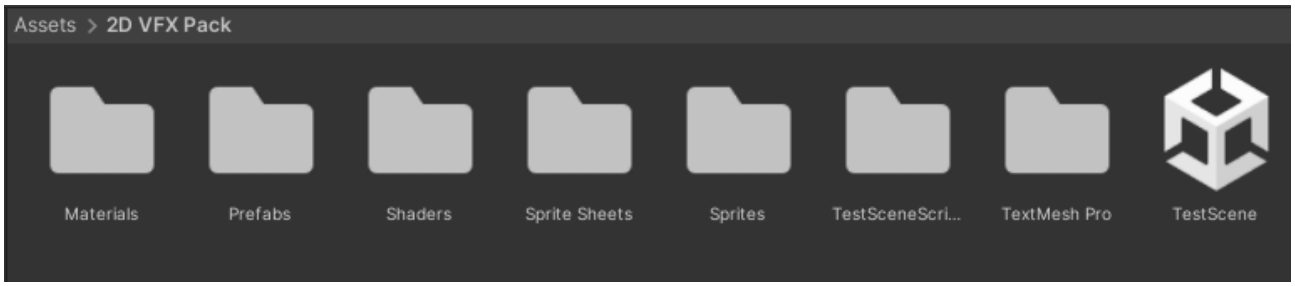


Рис. 3.31. Фінальний вміст пакету асетів

Вигляд готових префабів візуальних ефектів можна переглянути на тестовій сцені можна переглянути на рисунку 3.32.

Рис. 3.32. Фінальний вигляд префабів на тестовій сцені

Висновки до третього розділу

1. У процесі аналізу існуючих засобів розробки, були обрані інструменти для реалізації створення готового пакету візуальних ефектів. Для графічної роботи були обрані графічні редактори *Paint Tool Sai* 2 та *Aseprite*. Ігровим двигуном для реалізації був обран двигун *Unity*.

2. Були знайдені референси ефектів, що будуть розроблюватися. Основним інструментом для пошуку референсів став онлайн - майданчик *Pinterest.*

3. Була проведена робота над ескізною базою для майбутніх ефектів. Для кожного ефекту був підготовлений відповідний ескіз.

4. На основі ескізів була проведена робота над малюванням, оптимізацією та анімацією ефектів. У процесі роботи було розроблено 7 анімованих ефектів у форматі таблиці спрайтів.

5. Готові таблиці спрайтів були експортовані до середовища ігрового двигуна *Unity.* У середовищі ігрового двигуна над ефектами була проведена робота по адаптації таблиці спрайтів та додавання додаткових ефектів до анімації.

6. Усі ефекти були угруповані на тестовій сцені, після усі складові готового пакету були угруповані у спеціальну папку для подальшого розташування пакету на спеціалізованом онлайн - майданчику.

РОЗДІЛ 4
ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Техніко – економічне та організаційне обґрунтування проекту

Метою є дослідження деталей створення пакету візуальних ефектів для *2D* ігор.

Результат – оптимізований пакет візуальних ефектів у якому є безліч спеціальних візуальних ефектів.

Характеристика проекту:

– клас: моно проект;

– тип проекту: змішаний;

– вид проекту:комбінований ;

– строк проекту: короткостроковий;

– складність проекту: проект високої складності;

– маштаб проекту: корпоративний.

Етапи виконання розділів кваліфікаційної роботи:

1. Постановка технічного плану: в цьому розділі представлені: аналіз та порівняння характеристик програм для процесу створення еффектів за планом; вимоги до розробки еффектів; постановка задачі – термін виконання 12 днів.

2. Розробка робочого проекту: пошук референсів, складання схеми послідовного процессу та вивчення потрібних технологій програмних забезпечень. На стадії робочого проекту створюються: еффект вибуху, пару, спалаху від пострілів, ефект плазми та снаряди плазми – термін виконання 2 місяці;

3. Техніко – економічна частина: проведення розрахунків собівартості та обґрунтування економічної доцільності впровадження анімованого кліпу з еффектами – термін виконання 7 днів.

У кваліфікаційній роботі представлений наступний склад робіт:

1. Технічне завдання – термін виконання 3 – 5 днів.

2. Збір референсів – термін виконання 3– 5 днів.

3. Вибір апаратних та програмних забезпечень за технологіями – термін виконання 3– 5 днів.

4. Розробка анімацій – термін виконання 15– 30 днів.

5. Експорт та налаштування анімацій у середовищі розробки – термін виконання 7– 10 днів.

6. Пакування готових ефектів у готовий пакет візуальних ефектів – термін виконання 10 – 15 днів.

7. Подача готового проекту – термін виконання 2 – 4 днів.

Маркетингове обґрунтування проекту. Для створення візуальних ефектів були проаналізовані основні проблеми предметної області, проведений аналіз існуючих програм для роботи на різних етапах розробки, проведено аналіз та обґрунтування обрання засобів реалізації, були досліджені методи оптимізації, були проаналізовані технології створення та експорту анімацій. Очікувані конкурентні переваги. Даний продукт являє собою готового за якістю візуальних ефектів з високою якістю текстур і оптимізацією.

4.2 Розрахунки економічної ефективності

Визначення трудомісткості розробки програмного продукту (ПП).Тривалість розробки ассетів залежить від обсягу ІС, трудомісткості її розробки, кваліфікації кадрів, а також планових термінів, що диктуються умовами ринку.У якості вихідних даних для визначення трудомісткості розробки ІС визначається обсяг програмних засобів в тисячах умовних машинних команд програми– аналога. Вибравши аналог програмного засобу (ПЗ), що містить V0 в умовних машинних командах. У даному проекті розробляються нові ассети, які відповідають аналогу ПЗ система ведення лінійних файлів з V0 = 1650 умовних машинних команд із трудомісткістю Тр = 244 чол/год.

Трудомісткість розробки ІС повинна включати розробку наступних етапів: технічного завдання – ТЗ; технічного проекту – ТП; робочого проекту – РП; впровадження – ВП.

Трудомісткість розроблювального ІС визначається на кожному етапі окремо на підставі трудомісткості аналога, з урахуванням складності розробки, ступеня новизни та ступеня використання в розробці стандартних модулів на підставі формул 4.1–4.4:

$$T_{тз} = T_p * L_1 * K_н, \quad (4.1)$$

$$T_{тп} = T_p * L_2 * K_н, \quad (4.2)$$

$$T_{рп} = T_р * L_3 * K_н * K_т, \quad (4.3)$$

$$T_{вн} = T_p * L_4 * K_н, \quad (4.4)$$

де: $T_р$ – укрупнення норма часу на розробку аналога ПЗ, чол/год, що коректується поправочним коефіцієнтом, що враховує умови розробки ПЗ, тобто в умовах комп'ютера, $K_н$ = 1,3. У даному проєкті $T_р$ = 244·0,7=170,8 чол/год

L_j – питома вага і– го етапу розробки. У даному проекті залежно від ступеня новизни проекту (В): L_1 = 0,12; L_2 = 0,11; L_3 = 0,61; L_4 = 0,16.

*К*н – поправочний коефіцієнт, що враховує ступінь новизни, у нашому випадку Кн= 0,7.

*К*т – поправочний коефіцієнт, що враховує ступінь використання в розробці типових програм, Кт=0,8.

При розрахунках прийняті наступні об'єми розробленої документації по етапах проекту:

*N*тз = 17 – кількість сторінок технічного завдання;

*N*тп = 25 – кількість сторінок технічного проекту;

*N*рп = 45 – кількість сторінок робочого проекту;

*N*інстр = 5 – кількість сторінок інструкції по налагодженню та впровадженню;

*N*пр = 78 – кількість сторінок пояснювальної записки.

Розрахунок трудомісткості розробки ІС:

1. Технічне завдання

Ттз = Тр · L1 · Кн = 170,8 · 0,12 · 0,7 = 14,34 чол/год

Ткк = 0,7 · Nтз = 0,7 · 17 = 11,9 чол/год

Тнк=0,15·Nтз=2,55 чол/год

2. Розробка технічного проекту

Ттз= Тр · L2 · Кн = 170,8 · 0,11 · 0,7 = 13,15 чол/год

Ткк = 0,7· Nтп = 0,7 · 25 = 17,5 чол/год

Тнк = 0,15 · Nтп = 0,15 · 25 = 3,75 чол/год

3. Розробка робочого процесу

Ттз = Тр · L3· Кн · Кт =170,8 · 0,61 · 0,7 · 0,8 = 58,34 чол/год

Ткк = 0,7 · Nрп = 0,7 · 45 = 31,5 чол/год

Тнк = 0,15 · Nрп = 0,15 · 45 = 6,75 чол/год

4. Налагодження і впровадження

Ттз = Тр · L4 · Кн = 170,8 · 0,16 · 0,7 = 19,129 чол/год

Ткк = 0,7 · Nінст = 0,7 · 5 = 3,5 чол/год

Тнк = 0,15 · Nінст = 0,15 · 5 = 0,75 чол/год

5. Пояснювальна записка

Ттз = 1,5 · Nпз = 1,5 · 78= 117 чол/год

Ткк = 0,7 · Nпз = 0,7 · 78 = 54,6 чол/год

Тнк = 0,15· Nпз = 0,15 · 78= 11,7 чол/год

Всього: Тр = 14,34 + 13,15 + 58,34 + 19,129 + 117 = 221,959 чол/год

Ткк = 11,9 + 17,5 + 31,5 + 3,5 + 54,6 = 119 чол/год

Тнк = 2,55 + 3,75 + 6,75 + 0,75 + 11,7 = 25,5 чол/год

Тзаг = 221,959 + 119 + 25,5 = 366,459 чол/год

Тривалість розробки ІС в днях визначається за формулою 4.5:

$$Т_{пп} = \frac{\sum Tij}{8*0,73} \text{ дн.,} \quad (4.5)$$

де: $\sum Tij$ – сумарна тривалість розробки, год;

8 – тривалість робочого дня (коефіцієнт переказу в робочі дні), ч;

0,73 – коефіцієнт переведення в календарні дні;

Tij – трудомісткість j– го виду робіт по і– му етапу.

Тпп = 366,459 / 5,84 = 62,74 дн.

Визначення вартості програмного продукту. Ціна визначається за Формулою 4.6:

$$Ц = К * Вндр + Пр, \quad (4.6)$$

де: Вндр – витрати на розробку програмної продукції (кошторисна собівартість);

К = 1,1;

Пр – нормативний прибуток, розраховується за формулою 4.7:

$$Пр = С \cdot Рн / 100, \quad (4.7)$$

де: Рн – норматив рентабельності, % Рн = 25 %;

С – матеріальні витрати.

Вндр визначаються на підставі складання кошторису витрат на проведення НДР.

В кошторис також можуть введені додаткові статті витрат, наприклад, оренда приладів. Додаткові статті розміщують після статті “Амортизаційні відрахування”.

При визначенні витрат на матеріали враховують: вартість сировини та матеріалів для проведення досліджень з урахуванням додаткових накладних витрат (витрат на транспорт, комісійних зборів тощо), вартість канцелярських матеріалів (паперів тощо), вартість інших матеріалів (табл. 4.1)

Таблиця 4.1

Витрати на матеріали

Найменування матеріалів	Ціна, грн/од	Кількість	Сума, грн.
Aseprite	1 178	1	3300
Paint Tool SAI	1472	1	2200
Unity Engine Pro	6628	2	10256
Kingston USB	275	1	333
Разом			16089

Витрати по заробітній платі визначаються як сума заробітної плати усіх учасників розробки продукту. Орієнтовний склад учасників, ступінь їх участі у та заробітна плата наведені у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2

Орієнтовний склад учасників НДР, їх заробітна плата та ступінь участі

Учасник НДР	Місячна заробітна плата, грн.	Тривал ість роботи, міс	Ступінь участі, %
Студент – дослідник	6500	2	90
Науковий керівник роботи	10000	2	10

Основна заробітна плата виконавця з урахуванням окладу і часу розраховуєтся по формулі 4.8.

$$В_{зп} = \sum \frac{ЗіК0\tau i}{Др}, \quad (4.8)$$

Взп = 10000 * 62,74 * 0,1 / 22 + 6500 * 62,74 * 0,9 / 22 = 19534,95 грн,

де: Зі – середньомісячний оклад;

Др – середня кількість робочих днів (Др = 22)

τi – трудомісткість робіт

$К_0$ – коефіцієнт обліку окладу керівників і консультантів проекту ($К_0$ = 0,1)

Додаткова заробітна плата 10 % від основної заробітної плати.

Взд = 19534,95 * 0,1 = 1953,495 грн.

Єдиний соціальний внесок обирають у розмірі 22 % від величини заробітної плати.

ЄСВ = 0,22 (19534,95 + 1953,495) = 4727,45 грн.

Амортизаційні відрахування беруть від вартості основних виробничих фондів за встановленими нормативами до кожної групи фондів, які використовують при проведенні НДР (основного та додаткового обладнання, комп'ютерної техніки, інших фондів, крім приміщення). Амортизаційні відрахування необхідно розраховувати, виходячи з терміну їх використання. Розрахунки здійснюються у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3

Розрахунок сум амортизаційних відрахувань за відповідний рік

Група ОЗ	Елементи основних засобів	Первісна вартість, грн.	Норми АВ, %	Вартість, грн.
1	Оргтехніка	42000	25	10 500
2	Інші основні засоби	700	6	42
Всього				10 542

Витрати, пов’язані зі споживанням електроенергії при розробки програмного продукту, дорівнюють множенню вартості 1 кВт*г електроенергії та її потреби. Розрахунок надано в таблиці 4.4

Таблиця 4.4

Розрахунок витрат на електроенергію

Напрямок використання	Потреба в е/енергії, кВт*год	Вартість 1 кВт*год, грн	Витрати на е/енергію, грн
Освітлювальн і та інші потреби	250	3,45	862,5

Отже, витрати на електроенергію складуть 862,5 грн. Інші витрати беруть у розмірі 10 % від суми витрат. Накладні витрати беруть у розмірі 30 % від суми витрат.

Таблиця 4.5

Кошторис витрат на проведення прикладних НДР

Найменування статей витрат	Сума витрат, грн.
Матеріали	19272
Паливо та енергія	862,5
Заробітна плата (основна і додаткова)	21488,44
Єдиний соціальний внесок	4727,45
Амортизаційні відрахування	10542
Інші витрати	5689,23
Накладні витрати	18774,48
Виробнича собівартість	81356,1
Адміністративні витрати 3,5 % від виробничої собівартості	2847,46
Витрати на збут – 1 % від виробничої собівартості	813,56
Всього повна собівартість	166373,22

Нормативний прибуток:

Пр = (166373,22– 19272) * 0,25 = 36775,30 грн.

Ціна програмного продукту складе:

Ц = 1,1 * 166373,22 + 36775,30 = 223463,37грн.

Розрахунок капітальних витрат, пов'язаних з впровадженням (вдосконаленням) ІС здійснюється за формулою 4.9:

$$К = Кп + Кко + Кво + Кс \quad (4.9)$$

де: Кп = 223463,37 грн. – передвиробничі витрати

Кко – вартість комп’ютерного устаткування: Кко = 42000 грн.;

Кво – вартість допоміжного устаткування: Кво = 700 грн.;

Кс – вартість будівництва у зв’язку з впровадженням: Кс = 0.

К = 223463,37 + 42 000 + 700 = 247775,72 грн

Розрахунок поточних витрат здійснюється за формулою 4.10:

$$С = С_{опл} + Са + С_{ел} + Сп + Ср + Свсп \quad (4.10)$$

де: $С_{опл}$ – річний фонд основної і додаткової оплати праці персоналу;

Са – сума річних амортизаційних відрахувань від вартості основного і допоміжного устаткування;

$С_{ел}$ – вартість витрат на енергію за рік;

$С_р$ – вартість річного ремонту:

6 % Кко = 2520 грн.;

Свсп – річна вартість допоміжних матеріалів, пов'язаних з експлуатацією.

ІС: 2 % Кко = 840 грн.;

Сп – вартість утримання приміщень: Сп = 1500 грн.

Річний фонд заробітної плати:

До впровадження програмного продукту дана задача вирішувалася двома співробітниками з окладом по 6500 грн/міс:

$З_{осн}$ до = (6500 * 2) * 12 = 156000 грн.

Чисельність співробітників скоротилася до одного з окладом 6500 грн:

$З_{осн}$ після = 6500 * 12 = 78000 грн.

Фонд додаткової заробітної плати розраховується за формулою 4.11:

$$Здоп = Зосн \cdot Кдоп \quad (4.11)$$

де: Кдоп – коефіцієнт додаткової заробітної плати: визначається в розмірі Кдоп = 0,1.

$З_{доп}$ до = 156000 · 0,1 = 15600 грн.

$З_{доп}$ після = 78000· 0,1 = 7800 грн.

Єдиний соціальний внесок 22 %:

$З_{єсв}$ до = (156000 + 15600) · 0,22 = 37752 грн.

$З_{єсв}$ після = (78000 + 7800) · 0,22 = 18876 грн.

де: $К_{доп}$ – коефіцієнт додаткової заробітної плати: визначається в розмірі $К_{доп}$ = 0,1.

Загальні витрати на оплату праці розраховуються за формулою 4.12:

$$Сопл = Зосн + Здоп + Зєсв \quad (4.12)$$

Разом:$С_{опл}$ до = 156000 + 15600 + 37752 = 209352 грн.

$С_{опл}$ після = 78000 + 7800 + 18876 = 104676 грн.

Таким чином, поточні витрати після впровадження проекту зменшаться через зменшення кількості співробітників, які виконують задачу (так само як і сума, виділена на виплату заробітної платні).

Розрахунок амортизаційних відрахувань визначається за формулою 4.13:

$$Са = Кко \cdot На / 100, \quad (4.13)$$

де: На – норма амортизаційних відрахувань (На = 25 %).

Са = 42000· 0,25 = 10 500 грн.

Річна вартість споживаної електроенергії, визначається за формулою 4.14:

$$С_{ел} = М_у \cdot Тко \cdot Ц_э \cdot Ки \quad (4.14)$$

де: $М_у$ – установлена сумарна потужність комп'ютерного устаткування, $М_у$ = 0,6 кВт;

Тко – річний фонд роботи ЕОМ з урахуванням часу на профілактичні огляди: Тко = 6320 год;

$Ц_э$ – вартість 1 кВт – години ел. енергії 3,45 грн.;

Ки – коефіцієнт інтенсивного використання потужності Кп = 0,9.

$$С_{ел} = 0,6 \cdot 6320 \cdot 3,45 \cdot 0,9 = 11774,16 \text{ грн.}$$

Разом:С = Сопл + Са + Сел + Ср + Свсп + Сп

$$С_{після} = 104676 + 10500 + 11774,16 + 2520 + 840 + 1500 = 131810,16 \text{ грн.}$$

Розрахунок показників економічної ефективності проекту розраховується за формулою 4.15:

$$Эо = Эг – Ен К, \quad (4.15)$$

де: Эг – річна економія на поточних витратах;

К = 266163,37 грн.;

Ен – нормативний коефіцієнт: Ен = 0,25.

Річна економія на поточних витратах розраховується за формулою 4.16:

$$Эг = (С_{до} – С_{після}) + ΔП, \quad (4.16)$$

де: ΔП – приріст прибутку гос. суб'єкту та його структ. розподілу ΔП=0

$C_{до}$,$C_{після}$ – відповідно поточні витрати, відповідно до й після впровадження проекту (грн.);

Річна економія складає:

$$Эг = 209352 – 131810,16 = 77541,84 \text{ грн.}$$

$$Эо = 77541,84 – 0,25 \cdot 266163,37 = 14297,91 \text{грн.}$$

Коефіцієнт ефективності одноразов. витрат визначається за формулою 4.17:

$$E = Эг / К \quad (4.17)$$

$$E = 77541,84 / 266163,37 = 0,29$$

Отже 0,29 > 0,25 – проект ефективний.

Строк окупності одноразових витрат проекту:

$$T = 1 / 0,29 = 3,4 \text{ року}$$

$$T = 40 \text{ місяців}$$

Таблиця 4.6

Техніко-економічні показники

/п	Показники	Одиниця виміру	Значення показника
1	Час роботи над проектом	дні	62,74
2	Ціна ПП	грн.	223463,37
3	Капітальні витрати	грн.	266163,37
4	Поточні витрати: – до впровадження – після впровадження	грн./рік	209352 131810,16
6	Термін окупності	рік	3,4
7	Коефіцієнт економ. ефективності		0,29

Висновок до четвертого розділу

1. Результати економічного розділу підтверджують економічну доцільність методів розробки анімовації з ефектами, а також впровадження моделі для використання в межах контенту проекту.

2. Впровадження даної моделі за пайплайном та оглядаюсь на кількість програм та їх внутрішніх технологій є достатньо вигідним і актуальним кроком, оскільки коефіцієнт економічної ефективності проекту становить 0,29, а термін окупності – 3,4 роки.

РОЗДІЛ 5
ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Основні положення

Охорона праці – це система законодавчих актів, соціально-економічних, організаційних, технічних, гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, що забезпечують безпеку, збереження здоров’я й працездатності людини в процесі праці.

У цій кваліфікаційній роботі досліджуються питання охорони праці щодо місця праці, де здійснюється розробка гри і умови виконання роботи.

5.2 Пожежна безпека при роботі з комп’ютером

Сучасні комп'ютери мають високу щільність розташування елементів електронних систем. Близьке розташування сполучних проводів і комунікаційних кабелів створює ризик. При проходженні електричного струму через них виділяється значна кількість тепла, що призводить до підвищення температури в окремих вузлах до 80-100 °*C*. Це може спричинити оплавлення ізоляції або оголення проводів, що веде до короткого замикання та перевантаження елементів електронних схем. Перегрівання елементів може призвести до виникнення іскор та пожежі. Для відведення тепла використовуються системи кондиціонування і вентиляції повітря. Проте, ці системи можуть створювати додаткову пожежну небезпеку, оскільки забезпечують подачу кисню, який може сприяти швидкому розповсюдженню вогню.

Для протидії екстреним випадкам, у приміщенні обов'язково має бути вогнегасник, або декілька. Вони повинні добре переглядатися, бути доступними, розташовуватися у відведених місцях – на стінах, підставках, підлозі, в пожежних щитах/шафах неподалік можливих вогнищ вогню, а також вздовж шляхів евакуації, біля виходів з пожежних відсіків, зон секцій, приміщень.

Неприпустимо використовувати для захисту будівель/приміщень будь-які вогнегасники, на які відсутній сертифікат ПБ. Розташування вогнегасника від підлоги – не більше 1,5 м до верхньої точки, якщо повна маса виробу менше 15 кг; 1 м – понад 15 кг. Можлива також установка на підставки на підлогу з надійною фіксацією від падіння при зовнішній дії. Правила використання вогнегасників вказані на рисунку 5.2

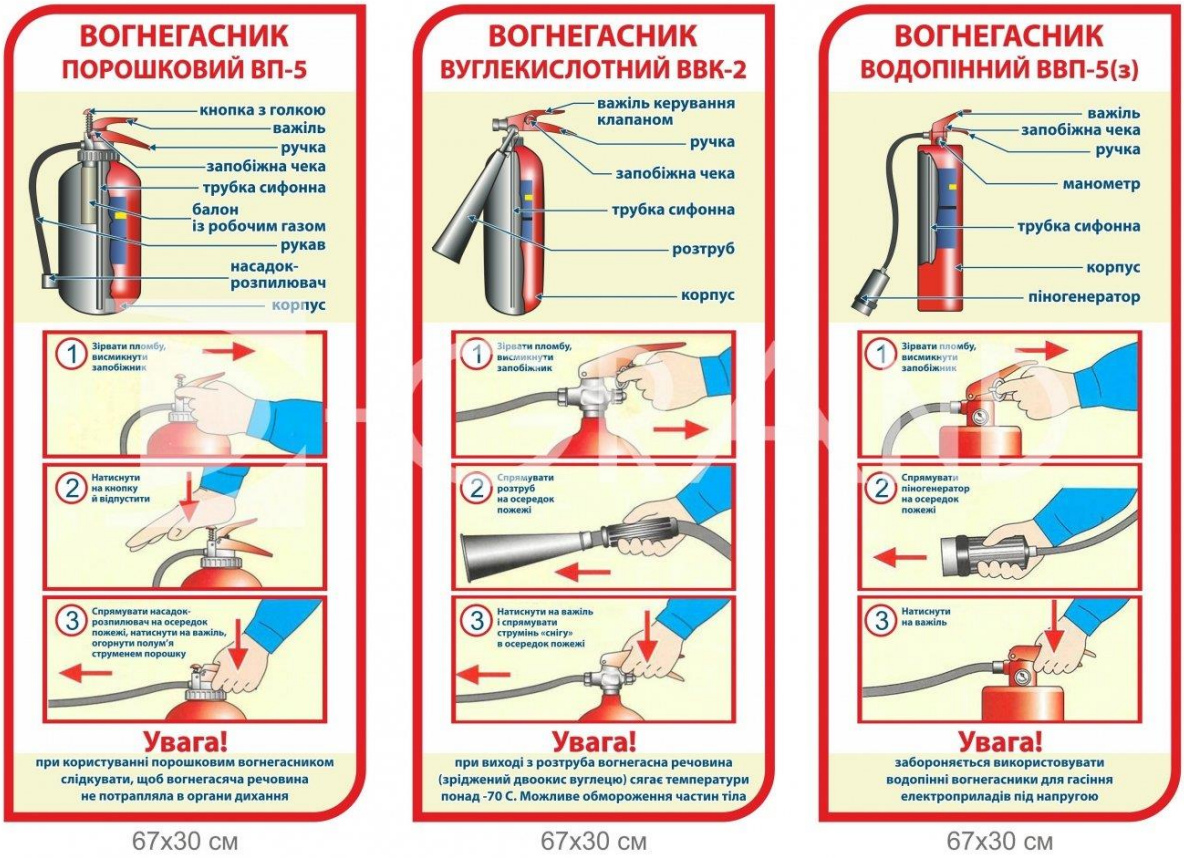


Рис. 5.2 – Правила використання вогнегасників

Отже, важливо дотримуватись заходів пожежної безпеки, уникати використання легкозаймистих матеріалів та здійснювати обережність при обслуговуванні, ремонті та профілактичних роботах, а також правильно прокладати кабелі для запобігання загорянню. Для машинних залів рекомендується використовувати негорючі або слабогорючі матеріали для прокладання кабелів під технологічними знімними підлогами, з вогнестійкістю не менше 0,5 години.

5.3 Електробезпека

Електробезпека представляє собою систему організаційних та технічних заходів, спрямованих на захист людей від потенційно шкідливого та небезпечного впливу електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля та статичної електрики.

Забезпечення електробезпеки на підприємстві досягається шляхом дотримання вимог, викладених у відповідних актах законодавства, таких як: Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів (наказ Держнаглядохоронпраці від 09.01.1998 № 4); Правила безпечної експлуатації електроустановок (наказ Держнаглядохоронпраці України від 06.10.1997 № 257), що поширюються на працівників, які працюють з електроустановками Міністерства енергетики України; Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів (наказ Мінпаливенерго України від 25.07.2006 № 258, зі змінами); Правила експлуатації електро-захисних засобів (наказ Міністерства праці та соціальної політики України від 05.06.2001 № 253); Правила улаштування електроустановок (наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 24.07.2017 № 476); а також ДСТУ 2843-94 «Електротехніка. Основні поняття. Терміни та визначення». Останній документ встановлює терміни та визначення основних понять у галузі електробезпеки.

5.4 Вимоги до особистого робочого місця працівника

Згідно з нормативами розмір одного робочого міста має бути не менш ніж 6 квадратних метрів, але якщо робочі місця є спареними, то між столами обов’язково повинна бути прозора перегородка та висота її повинна бути 2 та більше метрів, але це все застарілі норми та сьогодні так вже не роблять, а просто ставлять робочі столи на достатній відстані задля комфорту. У кожного працівника є навушники, якщо йому треба поговорити на «мітінгу» чи прослухати якусь інформацію стосовно роботи, щоб не заважати іншим. Однак відсутність перегородки, дає більше свіжого повітря та покращує освітлення;

У кожного працівника має бути достатньо місця на робочій поверхні для всієї необхідної техніки. На просторому столі має бути місце для: двох моніторів, принтера, планшету, колонок, тощо. Також біля робочого місця мають бути різні ящикі та тумбочки та їх теж повинно теж бути достатньо;

Робочий стілець повинен бути зручним, легко регулюватися за висотою, щоб його було можливо виставити для ніг, та має бути спинка теж регульованою, щоб виставити зручне положення для спини працівника. Спина та хребет повинен мати належну та зручну підтримку;

Монітор для роботи повинен бути досить великим з добрим дозволом, щоб на ньому не було нечітких зображень та щоб всі зображення не розпливалися. Розмір монітору Хоча сьогодні багато роботодавців ставлять два монітори, але це не являється обов’язковою умовою. Кількість моніторів, рекомендована для програміста, варіюється в залежності від специфіки виду діяльності та індивідуальних переваг співробітника.

На робочому столі повинні бути антивібраційні килимки. Працівник повинен слідкувати за своїм робочим місцем вчасно прибирати на робочому місці всі зайві документи та непотрібні для роботи предмети. На рисунку 5.1 зображена схема стандартної позиції програміста під час роботи за комп'ютером.

Рис. 5.1 – Схема стандартної позиції програміста під час роботи за комп'ютером

5.5 Виробнича санітарія

Умови праці визначаються характером і важкістю роботи, яка виконується, а також параметрами навколишнього виробничого середовища.

Плануючи робоче місце, виходять з того, щоб робітник протягом зміни не знижував встановленої продуктивності праці, витрачаючи мінімум фізичних зусиль, був захищений від впливу небезпечних виробничих факторів. Важливе значення мають також робоча поза, темп і ритм виконуваної роботи.

Виключаються статичні м’язові напруги і, як наслідок, профзахворювання (викривлення хребта, розширення вен, плоскостопість) при робочій позі, яка забезпечує розташування центру ваги тіла в межах площі опори.

Робочим місцем вважають місце постійного або тимчасового перебування працівника в процесі трудової діяльності.

У разі вільного ритму роботи темп її визначається самим працівником відповідно до його індивідуальних можливостей.

В процесі одноманітних, короткочасних робочих операцій (наприклад, розфасовці та упаковці товарів) можливе відчуття монотонності праці. Чітко виражена монотонність виконуваної роботи призводить не тільки до передчасної втоми, але й до швидкого нервового виснаження.

Втомлюваність можна знизити періодичними змінами робочої пози і ритму виконуваних операцій, зміною робочих місць, естетизацією праці, використанням раціональної організації режиму праці та відпочинку.

У роботі, пов’язаній з великим м’язовим навантаженням, перерви повинні бути тривалими (до 10 хв.), але не частими. Причому, їх тривалість і частота повинні змінюватися протягом робочої зміни.

На ефективність виконання робіт, самопочуття і стан здоров’я працівника значно впливає навколишнє виробниче середовище.

Виробниче середовище характеризують мікрокліматичні умови, склад і ступінь запиленості повітря, рівні шуму та вібрації, вид і якість освітлення, наявність та інтенсивність теплових, електромагнітних випромінювань і деяких

інших чинників. Його вважають оптимальним, якщо несприятливі впливи на робітника відсутні, і нормальним, якщо знаходяться в межах допустимих рівнів.

Важливе значення у формуванні виробничого середовища відіграє технічна естетика, яка дозволяє попередити нервово-психічні перевантаження робітників.

Це досягається використанням раціональних архітектурнопланувальних рішень, високохудожніх інтер'єрів, а також науково обґрунтованого кольорового фарбування стін, стель та устаткування. Кольори для фарбування та устаткування вибирають залежно від їх функціонального призначення, умов зорової роботи, особливостей клімату, орієнтації вікон відносно сторін світу. Так, в приміщеннях з великим тепловиділення огороджувальні конструкції та поверхні устаткування фарбують в кольори холодних тонів; в приміщеннях з природним освітленням – в кольори теплих тонів.

Для забезпечення нормальних умов праці санітарні норми встановлюють на одного працівника: об'єм виробничих приміщень не менше 15 м^3; площа приміщення, огородженого стінами чи глухими перегородками – не менше 4,5 м^2; висота – 3,2 м.

На підприємствах передбачаються кабінети психофізичного розвантаження (емоційно-вольового тренування), приміщення для виконання фізичних вправ, санітарно-побутові приміщення.

Санітарно-гігієнічні умови праці на підприємствах визначаються в основному рівнем наявних на робочих місцях шкідливих виробничих чинників. Перевірка відповідності умов праці вимогам санітарного законодавства здійснюється шляхом паспортизації цехів, робочих місць (карти умов праці).

Вимірювання параметрів виробничого середовища виконують за договором працівники санепідемстанцій. За результатами цих вимірювань заповнюють відповідні паспорти. У випадку невідповідності значень виміряних параметрів чинним нормам на підприємстві розробляються і здійснюються комплексні заходи щодо досягнення встановлених нормативів безпеки, гігієни праці та виробничої санітарії.

Завдання попередження гострих і хронічних професійних захворювань та отруєнь вирішує виробнича санітарія – система організаційних заходів і технічних засобів, які запобігають впливу на працівників шкідливих виробничих чинників. Проводиться розрахунок світлового потоку за формулою 5.1.

$$\Phi = \frac{K*\text{Ен}*Z*S*100}{n*\eta}, \text{ (лк)} \quad (5.1)$$

де: S – площа приміщення.

K – коефіцієнт запасу. Тому що в цьому випадку передбачається робота із ПК, то приймається розмір, як для диспетчерських, пультів операторів, контрольно-вимірювальних приладів.

$Е_н$ = 200 лк. – нормована ммінімальна освітленість.

Тип світильника – ЛСП, коефіцієнт нерівномірності освітлення Z =1.1.

Для того щоб порахувати світловий потік, необхідно обчислити висоту над робочою поверхнею, відстань між центрами світильників (L), кількість світильників (n), індекс приміщення (i) й К використання світлового потоку (η).

$$H_p = H - h_p - 1, \text{ (м)} \quad (5.2)$$

де: $H_p = 2$

$$\frac{L}{Hp} = x, \text{ (м)} \quad (5.3)$$

$$n = \frac{S}{L^2}, \text{ (шт)} \quad (5.4)$$

$$i = \frac{S}{H*(A+B)} \quad (5.5)$$

де: x = 1.4 для світильників денного світла ПВЛП.

A = 5 м і B = 6 м, довжина і ширина приміщення.

H = 3 м – висота приміщення.

$Н_p$ = 0 м – відстань від світильника до стелі

$$H_р = 3 - 0 - 1 = 2 \text{ (м)}$$

$$L = H_р * 1.4 = 2 * 1.4 = 2{,}8 \text{ (м)}$$

$$n = \frac{30}{7,84} = 3,83$$

Проводиться округлення до більшого найближчого цілого. Результат – 4 світильника.

$$i = \frac{30}{2 * (5 + 6)} = 1,36$$

Визначаємо коефіцієнт використання світлового потоку, при P_n = 50% (коефіцієнт відображення стіни), P_c = 30% (коефіцієнт відображення), η = 36%

$$\Phi = \frac{1,5 * 200 * 1,1 * 30 * 100}{3,83 * 0,42} = 6,155 \text{ (лм)}.$$

$$\Phi = 6,155 \text{ (лм)}.$$

Висновки до п’ятого розділу

1. Було розглянуто потрібний тип приміщення і виробництва та визначені їх належні умови безпеки. Було вказано необхідні дотримання вимоги до електробезпеки. Представлені необхідні норми пожежної профілактики та виробничої санітарії

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Була вивчена історія розвитку візуальних ефектів для комп'ютерних ігор та їх вплив на ігрову індустрію, починаючи з перших простих візуальних ефектів, закінчуючи сучасними комплексними візуальними ефектами. Було дано визначення використання пакетів (ассетів) під час створення ігор, було вказано всі можливі типи ассетів для ігор.

2. Затверджено кваліфікацію візуальних ефектів для ігор, вивчено поняття та типи *2D* та *3D* ефектів для ігор, а також їх вплив на ігровий процес.

3. Наведено приклади ігор, які демонструють яскраве використання *2D* і *3D* ефектів. Було створено порівняльну таблицю типів застосовуваних візуальних ефектів у цих іграх.

4. Сформульовано постановку задачі із зазначенням цільового результату, шо є необхідним для створення пакету візуальних ефектів для *2D* - ігор.

5. У процесі аналізу деталей, необхідних для розробки пакету візуальних ефектів для 2*D* - ігор, був розроблен відповідний пайплайн, до якого буде дотримуватися процес розробки фінального продукту.

6. Було чітко позначено ідею паркету візуальних ефектів, а також сформовано складові готового до викладання на майданчики результату.

7. Було докладно описано труднощі та технології, які будуть використовуватися в процесі розробки пакету візуальних ефектів для 2*D* - ігор.

8. У процесі аналізу існуючих засобів розробки, були обрані інструменти для реалізації створення готового пакету візуальних ефектів. Для графічної роботи були обрані графічні редактори *Paint Tool Sai* 2 та *Aseprite*. Ігровим двигуном для реалізації був обран двигун *Unity*.

9. Були знайдені референси ефектів, що будуть розроблюватися. Основним інструментом для пошуку референсів став онлайн - майданчик *Pinterest.*

10. Була проведена робота над ескізною базою для майбутніх ефектів. Для кожного ефекту був підготовлений відповідний ескіз.

11. На основі ескізів була проведена робота над малюванням, оптимізацією та анімацією ефектів. У процесі роботи було розроблено 7 анімованих ефектів у форматі таблиці спрайтів.

12. Готові таблиці спрайтів були експортовані до середовища ігрового двигуна *Unity.* У середовищі ігрового двигуна над ефектами була проведена робота по адаптації таблиці спрайтів та додавання додаткових ефектів до анімації.

13. Усі ефекти були угруповані на тестовій сцені, після усі складові готового пакету були угруповані у спеціальну папку для подальшого розташування пакету на спеціалізованом онлайн - майданчику.

14. Результати економічного розділу підтверджують економічну доцільність методів розробки анімовації з ефектами, а також впровадження моделі для використання в межах контенту проекту.

15. Впровадження даної моделі за пайплайном та оглядаюсь на кількість програм та їх внутрішніх технологій є достатньо вигідним і актуальним кроком, оскільки коефіцієнт економічної ефективності проекту становить 0,29, а термін окупності – 3,4 роки.

16. Було розглянуто потрібний тип приміщення і виробництва та визначені їх належні умови безпеки. Було вказано необхідні дотримання вимоги до електробезпеки. Представлені необхідні норми пожежної профілактики та виробничої санітарії

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. *Team Cherry. URL: https://www.teamcherry.com.au* (дата звернення 24.03.2024).
2. *Hakita. URL: https://www.youtube.com/c/hakita* (дата звернення 24.03.2024).
3. *Monomi Park. URL: http://www.monomipark.com* (дата звернення 24.03.2024).
4. *Hollow Knight. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Hollow_Knight* (дата звернення 24.03.2024).
5. *Celeste. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Celeste_(video_game)* (дата звернення 24.03.2024).
6. *Stardew Valley. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Stardew_Valley* (дата звернення 24.03.2024).
7. *ULTRAKILL. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Ultrakill* (дата звернення 24.03.2024).
8. *Slime Rancher. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Slime_Rancher* (дата звернення 24.03.2024).
9. *Dishonored. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Dishonored* (дата звернення 24.03.2024).
10. *ArtStation. URL: https://www.artstation.com* (дата звернення 26.04.2024).
11. *Pinterest. URL: https://www.pinterest.com* (дата звернення 26.04.2024).
12. *Unity Shaders. URL: https://blog.unity.com/engine-platform/12-recipes-for-popular-visual-effects-using-universal-render-pipeline* (дата звернення 22.05.2024).
13. *Unity Post-Processing. URL: https://www.kodeco.com/23120977-vfx-in-unity-getting-started* (дата звернення 22.05.2024).
14. *Unreal Engine Materials. URL: https://www.linkedin.com/pulse/challenges-opportunities-using-unreal-engine-dushyant-kashyap* (дата звернення 22.05.2024).
15. *Unreal Engine Blueprints. URL: https://borisfx.com/blog/vfx-in-gaming-ultimate-guide-visual-effects-games/* (дата звернення 22.05.2024).

16. *Godot Engine Materials. URL: https://www.nightquestgames.com/godot-2d-shaders-visual-effects-with-masks/* (дата звернення 22.05.2024).
17. *Godot Engine Animations. URL: https://godotengine.org/article/godot-4-0-sets-sail/#new-2d-rendering-options* (дата звернення 22.05.2024).
18. Поняття ігрових візуальних ефектів. *URL:* https://stepico.com/blog/vfx-in-games/ (дата звернення 22.05.2024).
19. Класифікація ігрових візуальних ефектів. *URL:* https://www.argentics.io/the-art-of-vfx-in-video-games (дата звернення 22.05.2024).
20. 3*D fundamentals. URL:* https://dreamfarmstudios.com/blog/the-ultimate-guide-to-lighting-fundamentals-for-3d/ (дата звернення 27.05.2024).
21. *Batching. URL:* https://www.gamedev.net/forums/topic/328872-what-is-batching/ (дата звернення 27.05.2024).
22. *Particle System. URL:* https://natureofcode.com/particles/ (дата звернення 27.05.2024).
23. *Post-Processing. URL:* https://culturedvultures.com/post-processing-video-games/ (дата звернення 27.05.2024).
24. *Optimisation. URL:* https://www.researchgate.net/publication/2845293_Optimization-Based_Animation (дата звернення 27.05.2024).
25. *Bloom. URL:* https://www.techrytr.in/2023/11/what-is-bloom-in-gaming.html (дата звернення 27.05.2024).