**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**

**«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Факультет прикладної математики**

**Кафедра системного програмування і спеціалізованих**

**комп’ютерних систем**

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_\_\_\_ Віталій РОМАНКЕВИЧ

«\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_20\_\_ р.

**Дипломний проєкт**

**на здобуття ступеня бакалавра**

**за освітньо-професійною програмою**

**«Системне програмування та спеціалізовані комп’ютерні систем»**

**спеціальності 123 «Комп’ютерна інженерія»**

**на тему: «Система рендерингу великих трав’яних масивів у Unity із процедурною генерацією та оптимізацією»**

Виконав:

студент IV курсу, групи КВ-13

Фролов Владислав Павлович \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Керівник:

Ас. каф. СПіСКС, доктор філософії

Молчанов Олексій Андрійович

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Консультант з нормконтролю:

Доц. каф. СПіСКС, к.т.н.

Клятченко Ярослав Михайлович \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Рецензент:

Професор каф. ОТ, д.т.н., проф.

Сергієнко Анатолій Михайлович \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент (-ка) \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Київ – 2025 року

**Національний технічний університет України**

**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

**Факультет прикладної математики**

**Кафедра системного програмування і**

**спеціалізованих комп’ютерних систем**

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 123 «Комп’ютерна інженерія»

Освітньо-професійна програма «Системне програмування та спеціалізовані комп’ютерні системи»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_\_\_ Віталій РОМАНКЕВИЧ

«\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проєкт студенту**

**Фролову Владиславу Павловичу**

1. Тема проєкту «Система рендерингу великих трав’яних масивів у Unity із процедурною генерацією та оптимізацією», керівник проєкту Молчанов Олексій Андрійович, ас. каф. СПіСКС, доктор філософії, затверджені наказом по університету від «29» травня 2025 р. № N1808-С

2. Термін подання студентом проєкту

3. Вихідні дані до проєкту

4. Зміст пояснювальної записки

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов’язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо)

6. Консультанти розділів проєкту

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Розділ | Прізвище, ініціали та посада  консультанта | Підпис, дата | |
| завдання  видав | завдання прийняв |
| Нормоконтроль | Клятченко Я. М. |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

7. Дата видачі завдання 12.12.2024

Календарний план

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № з/п | Назва етапів виконання  дипломного проєкту | Термін виконання  етапів проєкту | Примітка |
| 1. | Вивчення літератури за тематикою проекту | 15.04.2025 |  |
| 2. | Розроблення та узгодження технічного завдання | 20.04.2025 |  |
| 3. | Аналіз актуальності проблеми захисту рендерингу реалістичної ботаніки у відеоіграх та дослідження архітектури існуючих рішень. | 23.04.2025 |  |
| 4. | Виконання огляду існуючих методів створення трав’яного покрову | 25.04.2025 |  |
| 5. | Здійснено проєктування апаратної частини системи | 01.05.2025 |  |
| 6. | Розроблено алгоритм білбордного рендерингу великих полів трави. | 02.05.2025 |  |
| 7. | Проведено тестування системи в різних ситуаціях. | 06.05.2025 |  |
| 8. | Підготовка матеріалів першого розділу дипломного проекту | 11.05.2025 |  |
| 9. | Підготовка матеріалів другого розділу дипломного проекту | 13.05.2025 |  |
| 10. | Розробка графічної частини проекту (схеми, блок-діаграми, інтерфейси) | 19.05.2025 |  |
| 11. | Проведення тестування та налагодження пристрою | 20.05.2025 |  |
| 12. | Оформлення документації дипломного проекту | 25.05.2025 |  |
| 13. | Попередній огляд матеріалів диплому на кафедрі | 30.05.2025 |  |

Студент Владислав ФРОЛОВ

Керівник Олексій МОЛЧАНОВ

**АНОТАЦІЯ**

Кваліфікаційна робота включає пояснювальну записку (62 с., 29 рис. - табл., 4 додатки).

Мета розробки — розробити ефективну систему рендерингу великих трав’яних масивів у Unity з використанням процедурної генерації та технік оптимізації для забезпечення високої продуктивності та візуальної якості.

Розроблена система демонструє оптимізований та готовий до використання алгоритм великого поля трави, що хитається на вітрі; та інший алгоритм, який демонструє оптимізованість першого. Також була розроблена система для аналітики ефективності.

В ході розробки:

* Було досліджено та проаналізовано існуючі рішення для створення ботаніки в ігрових рушіях;
* Обґрунтовано вибір рушія та підходу до розробки;
* Реалізовано алгоритм для створення та анімування полів трави за допомогою 3D моделей;
* Реалізовано та оптимізовано під потреби користувача алгоритм для створення та анімування білбордних полів трави за допомогою GPU Instancing’а та HLSL шейдерів;
* Розроблено алгоритм процедурної генерації землі із картою висот.
* Проведено тестування системи на ПК на мобільній платформі в різних умовах та з різними сценаріями використання.

Впровадження даної системи рендерингу трави дозволить скоротити час та вкладення у розробку та оптимізацію реалістичних світів. А для мобільних платформ це відкриває нові можливості до створення механік зав’язаних на густій траві, які раніше були більш складно реалізовані через обмеженість потужностей.

Ключові слова: ШЕЙДЕР, HLSL, РУШІЙ, UNITY, C#, БОТАНІКА

**ABSTRACT**

The qualification work includes an explanatory note (62 pp., 29 figs. 4 tables, 4 appendices).

Objective of development — to develop an efficient rendering system for large grass fields in Unity, using procedural generation and optimization techniques to achieve high performance and visual fidelity.

The developed system demonstrates an optimized and ready-to-use algorithm of a large grass field swaying in the wind; and another algorithm that demonstrates the optimization of the first. Also, a system for performance analytics was developed.

 In the course of development:

* Existing solutions for creating botany in game engines were researched and analyzed;
* The choice of engine and the approach to development were substantiated;
* An algorithm for creating and animating grass fields using 3D models was implemented;
* An algorithm for creating and animating billboard grass fields using GPU Instancing and HLSL shaders was implemented and optimized according to user needs;
* An algorithm for procedural generation of terrain with a height map was developed.
* The system was tested on PC and on a mobile platform under various conditions and with different use scenarios.

The implementation of this grass rendering system will reduce the time and investment in the development and optimization of realistic worlds. And for mobile platforms, this opens new opportunities for creating mechanics based on dense grass, which were previously more difficult to implement due to limited resources.

Keywords: SHADER, HLSL, ENGINE, UNITY, C#, BOTANY

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Поз. | | Формат | | ПОЗНАЧЕННЯ | | | | НАЙМЕНУВАННЯ | Кількість аркушів | | | № прим. | | Примітки | |
|  | | А4 | | ІАЛЦ.045480.002 ТЗ | | | | Система рендерингу веddtdвеликих | 3 | | |  | |  | |
|  | |  | |  | | | | великих трав’яних масивів |  | | |  | |  | |
|  | |  | |  | | | | у Unity із процедурною |  | | |  | |  | |
|  | |  | |  | | | | генерацією та оптимізацією |  | | |  | |  | |
|  | |  | |  | | | | Технічне завдання |  | | |  | |  | |
|  | |  | |  | | | |  |  | | |  | |  | |
|  | | А4 | | ІАЛЦ.045480.003 ТП | | | | Система рендерингу веddtdвеликих | 2 | | |  | |  | |
|  | |  | |  | | | | великих трав’яних масивів |  | | |  | |  | |
|  | |  | |  | | | | у Unity із процедурною |  | | |  | |  | |
|  | |  | |  | | | | генерацією та оптимізацією |  | | |  | |  | |
|  | |  | |  | | | | Відомість технічного |  | | |  | |  | |
|  | |  | |  | | | | проєкту |  | | |  | |  | |
|  | |  | |  | | | |  |  | | |  | |  | |
|  | | А4 | | ІАЛЦ.045480.004 ПЗ | | | | Система рендерингу веddtdвеликих | 62 | | |  | |  | |
|  | |  | |  | | | | великих трав’яних масивів |  | | |  | |  | |
|  | |  | |  | | | | у Unity із процедурною |  | | |  | |  | |
|  | |  | |  | | | | генерацією та оптимізацією |  | | |  | |  | |
|  | |  | |  | | | | Пояснювальна записка |  | | |  | |  | |
|  | |  | |  | | | |  |  | | |  | |  | |
|  | |  | |  | | | |  |  | | |  | |  | |
|  | |  | |  | | | |  |  | | |  | |  | |
|  |  | |  | |  |  | ІАЛЦ. 045480.001 ОА | | | | | | | | |
|  |  | |  | |  |  |
| Змін. | Арк. | | № докум. | | Підпис | Дата |
| Розробив | | | Фролов В. П. | |  |  | *Система рендерингу великих трав'яних масивів у Unity із процедурною генерацією та оптимізацією*  *Опис альбому* | | Літ. | | | | Аркуш | | Аркушів |
| Перевірив | | | Молчанов О.А. | |  |  |  |  |  | | 1 | | 2 |
|  | | |  | |  |  | КПІ  ім. Ігоря Сікорського, ФПМ КВ-13 | | | | | | |
| Н. контроль | | | Клятченко Я.М. | |  |  |
| Зав. каф. | | | Романкевич В.О. | |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Поз. | | Формат | | ПОЗНАЧЕННЯ | | | | НАЙМЕНУВАННЯ | Кількість аркушів | № прим. | Примітки | |
|  | | А4 | | ІАЛЦ.045480.005 Д1 | | | | Алгоритм створення | 1 |  |  | |
|  | |  | |  | | | | білбордів кущів. Схема |  |  |  | |
|  | |  | |  | | | | функціональна |  |  |  | |
|  | |  | |  | | | |  |  |  |  | |
|  | | А4 | | ІАЛЦ.045480.006 Д2 | | | | Цикл роботи генератора | 1 |  |  | |
|  | |  | |  | | | | трави. Схема функціональна |  |  |  | |
|  | |  | |  | | | |  |  |  |  | |
|  | | А4 | | ІАЛЦ.045480.007 Д3 | | | | Зв’язок між модулями | 1 |  |  | |
|  | |  | |  | | | | генератора та аніматора |  |  |  | |
|  | |  | |  | | | | покрова із 3D моделей. |  |  |  | |
|  | |  | |  | | | | Схема структурна |  |  |  | |
|  | |  | |  | | | |  |  |  |  | |
|  | | А4 | | ІАЛЦ.045480.008 Д4 | | | | Алгоритм вертексного | 1 |  |  | |
|  | |  | |  | | | | шейдеру білбордних кущів |  |  |  | |
|  | |  | |  | | | | трави. Схема функціональна |  |  |  | |
|  | |  | |  | | | |  |  |  |  | |
|  | |  | | Диск CD-ROM | | | | Текст пояснювальної | 1 |  |  | |
|  | |  | |  | | | | записки. Програмне |  |  |  | |
|  | |  | |  | | | | забезпечення. Графічний |  |  |  | |
|  | |  | |  | | | | матеріал. Файли презентації. |  |  |  | |
|  | |  | |  | | | |  |  |  |  | |
|  | |  | |  | | | |  |  |  |  | |
|  | |  | |  | | | |  |  |  |  | |
|  | |  | |  | | | |  |  |  |  | |
|  |  | |  | |  |  | ІАЛЦ. 045480.001 ОА | | | | | Арк. |
|  |  | |  | |  |  | 2 |
| Змн. | Арк. | | № докум. | | Підпис | Дата |

**ЗМІСТ**

[1. НАЙМЕНУВАННЯ ТА ГАЛУЗЬ РОЗРОБКИ 9](#_Toc194664784)

[2. ПІДСТАВА ДЛЯ РОЗРОБКИ 9](#_Toc194664785)

[3. МЕТА І ПРИЗНАЧЕННЯ РОБОТИ 9](#_Toc194664786)

[4. ДЖЕРЕЛА РОЗРОБКИ 9](#_Toc194664787)

[5. ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ 10](#_Toc194664788)

[5.1. Вимоги до програмного продукту, що розробляється 10](#_Toc194664789)

[5.2. Вимоги до апаратного забезпечення 10](#_Toc194664790)

[5.3. Вимоги до програмного та апаратного забезпечення користувача 10](#_Toc194664791)

[6. ЕТАПИ РОЗРОБКИ 11](#_Toc194664792)

# НАЙМЕНУВАННЯ ТА ГАЛУЗЬ РОЗРОБКИ

Назва розробки: «Система рендерингу великих трав'яних масивів у Unity із процедурною генерацією та оптимізацією».

Галузь застосування: розробка реалістичних відкритих відеоігрових світів для мобільних і настільних платформ.

# ПІДСТАВА ДЛЯ РОЗРОБКИ

# Підставою для розробки є завдання на дипломне проектування на здобуття першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, затверджене кафедрою системного програмування і спеціалізованих комп’ютерних систем Національного технічного університету України «Київський Політехнічний Інститут імені

# Ігоря Сікорського».

# МЕТА І ПРИЗНАЧЕННЯ РОБОТИ

Метою даного проєкту є розробка алгоритмів для створення оптимізованого та високопродуктивного густого трав’яного покрову, який похитується від вітру. Розроблений алгоритм створений щоб інтегрувати його у відеогру на мобільній або настільній платформі за допомогою рушія Unity.

# ДЖЕРЕЛА РОЗРОБКИ

Джерелом інформації є технічна та науково-технічна література, технічна документація, публікації у періодичних виданнях та електронні статті у мережі Інтернет.

# ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

## Вимоги до програмного продукту, що розробляється

* Реалізація і порівняння принаймні двох алгоритмів рендерингу трави (наприклад, GPU Instancing vs. Geometry Shader/Tessellation або Billboard vs. Compute Shader);
* Інтерфейс (через UI або гарячі клавіші) для динамічного перемикання між алгоритмами під час виконання сцени;
* Збір та логування метрик продуктивності.

## Вимоги до апаратного забезпечення

## Персональний комп’ютер із мінімум: процесор Intel Core i5 (6-го покоління або новіший) або AMD Ryzen 5, 8 ГБ оперативної пам’яті та відеокарта з підтримкою Shader Model 5.0.

## Другий тестовий пристрій (наприклад, ноутбук із слабшою відеокартою або мобільний пристрій із Unity Android Build), щоб порівняти продуктивність на різних платформах.

## Вимоги до програмного та апаратного забезпечення користувача

* Встановлене середовище розробки Unity (версія 2021.3 LTS або новіша);
* IDE для написання скриптів: Rider;
* Налагоджувальні засоби: Unity Profiler.

# 

# ЕТАПИ РОЗРОБКИ

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| №  з/п | Назва етапів виконання дипломного проекту | Термін виконання етапів |
| 1. | Вивчення літератури за тематикою проекту | 15.04.2025 |
| 2. | Розроблення та узгодження технічного завдання | 20.04.2025 |
| 3. | Аналіз актуальності проблеми захисту рендерингу реалістичної ботаніки у відеоіграх та дослідження архітектури існуючих рішень. | 23.04.2025 |
| 4. | Виконання огляду існуючих методів створення трав’яного покрову | 25.04.2025 |
| 5. | Здійснено проєктування апаратної частини системи | 01.05.2025 |
| 6. | Розроблено алгоритм білбордного рендерингу великих полів трави. | 02.05.2025 |
| 7. | Проведено тестування системи в різних ситуаціях. | 06.05.2025 |
| 8. | Підготовка матеріалів першого розділу дипломного проекту | 11.05.2025 |
| 9. | Підготовка матеріалів другого розділу дипломного проекту | 13.05.2025 |
| 10. | Розробка графічної частини проекту (схеми, блок-діаграми, інтерфейси) | 19.05.2025 |
| 11. | Проведення тестування та налагодження пристрою | 20.05.2025 |
| 12. | Оформлення документації дипломного проекту | 25.05.2025 |
| 13. | Попередній огляд матеріалів диплому на кафедрі | 30.05.2025 |

**ВІДОМІСТЬ ТЕХНІЧНОГО ПРОЄКТУ**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № з/п | | Формат | | ПОЗНАЧЕННЯ | | | | НАЙМЕНУВАННЯ | Кількість аркушів | | | № прим. | | Примітки | |
| 1 | | А4 | | ІАЛЦ.045480.000 ТЗ | | | | Завдання на дипломний | 2 | | |  | |  | |
|  | |  | |  | | | | проєкт |  | | |  | |  | |
|  | |  | |  | | | |  |  | | |  | |  | |
| 2 | | А4 | | ІАЛЦ.045480.001 ОА | | | | Опис альбому | 2 | | |  | |  | |
|  | |  | |  | | | |  |  | | |  | |  | |
| 3 | | А4 | | ІАЛЦ.045480.002 ТЗ | | | | Технічне завдання | 4 | | |  | |  | |
|  | |  | |  | | | |  |  | | |  | |  | |
| 4 | | А4 | | ІАЛЦ.045480.003 ТП | | | | Відомість технічного | 1 | | |  | |  | |
|  | |  | |  | | | | проєкту |  | | |  | |  | |
| 5 | | А4 | | ІАЛЦ.045480.004 ПЗ | | | | Пояснювальна записка | - | | |  | |  | |
|  | |  | |  | | | |  |  | | |  | |  | |
| 6 | | А4 | | ІАЛЦ.045480.005 Д1 | | | | Алгоритм створення | 1 | | |  | |  | |
|  | |  | |  | | | | білбордів кущів |  | | |  | |  | |
|  | |  | |  | | | |  |  | | |  | |  | |
| 7 | | А4 | | ІАЛЦ.045480.006 Д2 | | | | Цикл роботи генератора | 1 | | |  | |  | |
|  | |  | |  | | | | трави |  | | |  | |  | |
|  | |  | |  | | | |  |  | | |  | |  | |
|  | |  | |  | | | |  |  | | |  | |  | |
|  | |  | |  | | | |  |  | | |  | |  | |
|  |  | |  | |  |  | ІАЛЦ.045480.003 ТП | | | | | | | | |
|  |  | |  | |  |  |
| Змін. | Арк. | | № докум. | | Підпис | Дата |
| Розробив | | | Фролов В.П. | |  |  | *Система рендерингу великих трав'яних масивів у Unity із процедурною генерацією та оптимізацією*  ***Відомість технічного проєкту*** | | Літ. | | | | Аркуш | | Аркушів |
| в | | |  | |  |  |  |  |  | | 1 | | 2 |
|  | | |  | |  |  | КПІ  ім. Ігоря Сікорського, ФПМ КВ-13 | | | | | | |
| Н. контроль | | | Клятченко Я.М. | |  |  |
| Зав. каф. | | | Романкевич В.О. | |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № з/п | | Формат | | ПОЗНАЧЕННЯ | | | | НАЙМЕНУВАННЯ | Кількість аркушів | № прим. | Примітки | |
| 8 | | А4 | | ІАЛЦ.045480.007 Д3 | | | | Зв’язок між модулями | 1 |  |  | |
|  | |  | |  | | | | генератора та аніматора |  |  |  | |
|  | |  | |  | | | | покрова із 3D моделей |  |  |  | |
| 9 | | А4 | | ІАЛЦ.045480.008 Д4 | | | | Алгоритм вертексного | 1 |  |  | |
|  | |  | |  | | | | шейдеру білбордних кущів |  |  |  | |
|  | |  | |  | | | |  |  |  |  | |
|  | |  | |  | | | |  |  |  |  | |
|  | |  | |  | | | |  |  |  |  | |
|  | |  | |  | | | |  |  |  |  | |
|  | |  | |  | | | |  |  |  |  | |
|  | |  | |  | | | |  |  |  |  | |
|  | |  | |  | | | |  |  |  |  | |
|  | |  | |  | | | |  |  |  |  | |
|  | |  | |  | | | |  |  |  |  | |
|  | |  | |  | | | |  |  |  |  | |
|  | |  | |  | | | |  |  |  |  | |
|  | |  | |  | | | |  |  |  |  | |
|  | |  | |  | | | |  |  |  |  | |
|  | |  | |  | | | |  |  |  |  | |
|  | |  | |  | | | |  |  |  |  | |
|  | |  | |  | | | |  |  |  |  | |
|  | |  | |  | | | |  |  |  |  | |
|  | |  | |  | | | |  |  |  |  | |
|  | |  | |  | | | |  |  |  |  | |
|  |  | |  | |  |  | ІАЛЦ. 045480.001 ТП | | | | | Арк. |
|  |  | |  | |  |  | 2 |
| Змн. | Арк. | | № докум. | | Підпис | Дата |

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

**ДО ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ**

На тему: Система рендерингу великих трав’яних масивів у Unity із процедурною генерацією та оптимізацією

Київ – 2025