

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



**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

на тему Дослідження методів реалізації реалістичної
(назва кваліфікаційної роботи згідно наказу ОНТУ)
фізики в іграх жанру «Racing»

Здобувача Юрченко А.К.
(прізвище, ініціали)

2 курсу 566а групи

Керівники: к.т.н., доц. Шестопалов С.В.
(посада, прізвище та ініціали)

ст. викл. Жуковецька С.Л.
(посада, прізвище та ініціали)

Консультанти: _____
(посада, прізвище та ініціали)

д.е.н., проф. Басюркіна Н.Й.
(посада, прізвище та ініціали)

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

Рішення кафедри від 30.11 2023 р., протокол № 3

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

Одеса – 2023 рік

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет комп'ютерної інженерії, програмування та кіберзахисту
Кафедра комп'ютерної інженерії
Ступінь вищої освіти магістр
Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»
Освітня програма спеціалізовані комп'ютерні системи

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри комп'ютерної інженерії

Сергій АРТЕМЕНКО

« 30 » листопада 2022 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Юрченка Аркадія Костянтиновича

1. Тема роботи Дослідження методів реалізації реалістичної фізики в іграх жанру «Racing»

Затверджена наказом університету від « 30 » листопада 2022 р., наказ № 884-03

2 Термін здачі здобувачем закінченої роботи 28 листопада 2023 р.

3. Вихідні дані роботи

1. Концепція 2. Ассети 3. Текстовий редактор Microsoft Word 4. Середовище розробки Visual Studio 5. Ігровий двигун Unity

4. Перелік питань, які потрібно розробити

1. Вступ. 2. Аналіз предметної області та дослідження існуючих аналогів.

3. Проектна документація. 4. Розробка демонстраційної версії програмного забезпечення.

5. Економічні розрахунки. 7. Охорона праці.

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

Слайд 1. Вступ Слайд 2. Актуальність теми Слайд 3. Мета, об'єкт, предмет та новизна

Слайд 10. Розробка концепту гри Слайд 12. USP Слайд 13. Головні елементи керування

Слайд 19. Налаштування поведінки автомобілів Слайд 20. Налаштування поведінки

автомобілів Слайд 21. Демонстрація гри Слайд 23. Загальні висновки

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

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Економіка	д.е.н., проф. Басюркіна Н.Й.		
Охорона праці	к.т.н., доц. Шестопапов С.В.		
Нормоконтроль	ст. викл. Жуковецька С.Л.		

7. Дата видачі завдання 30.11.2022

Керівники

Сергій ШЕСТОПАЛОВ

Світлана ЖУКОВЕЦЬКА

Завдання прийняв до виконання

Аркадій ЮРЧЕНКО

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Дослідження предметної області	26.12.2022	
2.	Дослідження існуючих аналогів	30.01.2023	
3.	Дослідження методів реалізації реалістичної фізики в іграх жанру «Racing»	28.02.2023	
4.	Проектування	15.08.2023	
5.	Розробка демонстраційної версії програмного забезпечення	27.10.2023	
6.	Підготовка техніко-економічної частини	15.11.2023	
7.	Підготовка розділу охорони праці	15.11.2023	
8.	Оформлення пояснювальної записки	27.11.2023	
9.	Оформлення графічної частини та лістингу	27.11.2023	

Здобувач-дипломник Аркадій ЮРЧЕНКО

Керівники роботи

Сергій ШЕСТОПАЛОВ

Світлана ЖУКОВЕЦЬКА

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 Аркадій ЮРЧЕНКО

АНОТАЦІЯ

Робота присвячена дослідженню методів реалізації реалістичної фізики в іграх жанру «*Racing*».

В першому розділі були виявлені особливості ігор симуляторів у жанрі «*Racing*», проведено дослідження існуючих аналогів та виявлено основні елементи ігор у даному жанрі. Проаналізовано існуючі методи реалізації реалістичної фізики в іграх жанру «*Racing*».

У другому розділі був розроблений концепт документ, було оглянуто ключові особливості гри та створено план розробки гри, також було представлено проект по створенню фізичної моделі автомобілів.

У третьому розділі обрано засоби розробки програмного забезпечення, описано процес розробки гри на основі створеного концептуального документу.

В четвертому розділі розглянуто економічну вигоду від розробки проекту. Розраховано можливий прибуток.

У п'ятому розділі розглянуто охорону праці на робочому місці та за комп'ютером.

Результатом роботи є демонстраційна версія гри жанру «*Racing*» з реалістичною фізикою.

Ключові слова: Комп'ютерна гра, симулятор, *Racing*, ігровий двигун *Unity*.

ABSTRACT

The work is devoted to researching the methods of implementing realistic physics in games of the «Racing» genre.

In the first section, the features of simulator games in the «Racing» genre were identified, research was conducted on existing analogues, and the main elements of games in this genre were identified. Existing methods of implementing realistic physics in games of the «Racing» genre are analyzed.

In the second section, a concept document was developed, the key features of the game were reviewed and a game development plan was created, and a project to create a physical model of cars was also presented.

In the third section, software development tools are selected, the game development process is described based on the created conceptual document.

In the fourth chapter, the economic benefit from the development of the project is considered. The possible profit is calculated.

The fifth chapter deals with occupational health and safety at the workplace and at the computer.

The result of the work is a demo version of the «Racing» game with realistic physics.

Keywords: *Computer game, simulator, Racing, Unity game engine.*

ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ІСНУЮЧИХ АНАЛОГІВ	12
1.1 Аналіз предметної області.....	12
1.2 Елементи ігор « <i>Simulator racing</i> »	15
1.3 Методи реалізації фізики у іграх жанру « <i>Racing</i> ».....	16
1.4 Існуючі аналоги	17
1.4.1 <i>iRacing</i>	17
1.4.2 <i>Forza Motorsport</i>	19
1.4.3 <i>Driveclub</i>	21
1.4.4 <i>Assetto Corsa</i>	22
1.4.5 <i>DiRT Rally</i>	24
1.4.6 <i>Project CARS</i>	25
1.4.7 <i>Gran Turismo</i>	26
1.5 Порівняння обов’язкових елементів гри жанру « <i>Racing</i> » в існуючих аналогах.....	28
1.6 Постановка завдання.....	28
Висновки до першого розділу.....	29
РОЗДІЛ 2 ПРОЕКТНА ДОКУМЕНТАЦІЯ	30
2.1 Вступ.....	30
2.2 Жанр та аудиторія	30
2.3 Основні особливості гри.....	30
2.4 Опис гри	31
2.4.1 Основний хід гри.....	31

					КРМ.КІ. 1.884-03.1.16			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Дослідження методів реалізації реалістичної фізики в іграх жанру «<i>Racing</i>»	Літ.	Арк.	Акрушів
Розробив		Аркадій ЮРЧЕНКО				6	113	
Перевіриє		Сергей ШЕСТОПАЛОВ						
Рецензент		Володимир Попов						
Нормоконтроль		Світлана ЖУКОВЕЦЬКА						
Затвердив		Сергей АРТЕМЕНКО			гр. 566, ОНТУ			

2.4.2 Ігрове оточення	31
2.4.3 Керування автомобілем	31
2.4.4 Ігрова мапа	36
2.5.4 Автомобілі	37
2.5.5 Формули	38
2.5.6 Графіка	47
2.5.7 Звук	48
2.5.8 Платформа	48
Висновок до другого розділу	49
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА ДЕМОНСТРАЦІЙНОЇ ВЕРСІЇ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	50
3.1 Вибір засобів розробки	50
3.2 Початок розробки	51
3.2.1 Створення сцени гри	51
3.2.2 Створення префабів машин	53
3.2.3 Створення ігрового інтерфейсу	56
3.3 Робота зі скриптами	57
3.3.1 Скрипти автомобіля	57
3.3.2 Скрипти коліс	68
Висновок до третього розділу	71
РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ	72
4.1 Дослідження методів реалізації реалістичної фізики у іграх жанру « <i>Racing</i> »	72
4.2 Бізнес план впровадження програмного застосунку на відеоігровий ринок	79
Висновки до четвертого розділу	83
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ	84
5.1 Шкідливі та небезпечні фактори для користувача	84
5.2 Методи зниження шкідливих та небезпечних факторів в проведенні часу за ПК	87

5.3 Техніка безпеки для користувача екрану	88
5.3.1 Вимоги безпеки перед початком роботи	88
5.3.2 Вимоги безпеки під час виконання роботи	89
5.3.3 Вимоги безпеки після закінчення роботи.....	89
Висновки до п'ятого розділу.....	90
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	91
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	92
ДОДАТКИ.....	95
Додаток А Код гри	95
Додаток Б Графічний матеріал	102

					<i>КРМ.КІ.1.884-03.1.16</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		8

ВСТУП

Комп'ютерні технології мають величезне значення у різних аспектах нашого життя, і ігри не є винятком.

З початку створення перших комп'ютерів у середині ХХ століття технології розвивалися стрімко. Процесори стали потужнішими, об'єм пам'яті збільшився, а комп'ютерні мережі стали все поширенішими і швидкішими. Цей прогрес дозволив розробникам створювати більш складні і реалістичні ігри. З розвитком графічних технологій, таких як 3D-графіка, ігри стали неймовірно візуально привабливими. Були розроблені нові способи управління, такі як геймпади, клавіатури, миші та сенсорні екрани, що покращило ігровий досвід. Комп'ютерні технології також зробили ігри більш доступними.

Останні технологічні досягнення дозволили зробити потужніші машини більш доступними для широкої публіки, що відкрило нові можливості для ігрового досвіду. Гравці можуть зануритися у дивовижні віртуальні світи або взаємодіяти з ігровими об'єктами з практично реальними результатами. В цілому, розвиток комп'ютерних технологій суттєво вплинув на ігри, зробивши їх більш реалістичними, інтерактивними та доступними для широкої аудиторії. Один із подібних реалістичних жанрів ігор – симулятори гонок.

Актуальність теми. Симулятори гонок – це особливий жанр комп'ютерних ігор, який прагне відтворити реалістичний досвід керування транспортними засобами на різних трасах. Вони дозволяють гравцям відчути адреналін і відчуття, пов'язані з гоночними змаганнями, не виходячи зі свого будинку. Однією з головних особливостей симуляторів гонок є їх прагнення до максимальної реалістичності. Розробники ігор вкладають багато зусиль у моделювання фізичних характеристик автомобілів, таких як керування, поведінка на дорозі, підвіска та реакції на різні умови. Вони також прагнуть передати особливості реальних трас, включаючи їх геометрію, поверхню та погодні умови.

					КРМ.КІ.1.884-03.1.16	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Симулятори гонок часто пропонують різноманітні режими гри, включаючи одиночні гонки, кар'єрний режим, багатокористувацькі мережеві змагання і навіть редактори трас і автомобілів, що дозволяють гравцям створювати свої власні змагання і контент. Ці ігри можуть бути корисними для любителів автомобілів і автоспорту, оскільки вони дозволяють дізнатися більше про різні автомобілі, траси та стратегії гонок. Вони також розвивають навички водіння, такі як точність керування, оцінка траєкторій та реакція на швидко змінюються умови.

Крім того, симулятори гонок можуть бути платформою для віртуальних гонок між гравцями, створюючи можливість для змагань та взаємодії віртуальних гонщиків з усього світу.

Загалом, симулятори гонок є захоплюючим та захоплюючим жанром ігор, який дозволяє гравцям насолоджуватися атмосферою автоспорту та відчувати гострі відчуття змагань на віртуальних трасах. Особливо останнім часом стало популярним грати у цей вид ігор за допомогою технологій віртуальної реальності (VR).

Маючи багато переваг ігри жанру «*Racing*» піджанру симулятор дуже часто мають не дуже реалістичну фізику, тому дослідження методів реалізації реалістичної фізики в цьому жанрі є досить актуальною темою.

Метою роботи є дослідження методів реалізації реалістичної фізики в іграх жанру «Racing».

Об'єктом дослідження є методи реалізації реалістичної фізики в іграх жанру «Racing».

Предметом дослідження є методи реалізації реалістичної фізики в іграх жанру «Racing».

Методи дослідження. Для досягнення поставленої мети використовуються методи аналізу існуючих ігор жанру «*Racing Simulator*», аналогій з іншими жанрами ігор, порівняльного аналізу елементів геймплею. Також використовується критичний огляд наукових та практичних джерел, що

					КРМ.КІ.1.884-03.1.16	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		10

стосуються ігрової індустрії та розвитку комп'ютерних ігор. В методиці проектування використані теорії алгоритмів.

Наукова новизна одержаних результатів. Удосконалено методи реалізації реалістичної фізики у іграх жанру «*Racing*».

Практичне значення одержаних результатів. Розроблено скрипти, що реалізують реалістичну фізику і демонстраційну версію гри жанру «*Racing*» з реалістичною фізикою.

Апробація. Юрченко А.К. Дослідження методів реалізації реалістичної фізики у іграх жанру «*Racing*»/ А.К. Юрченко, С.В. Шестопапов // Матеріали III Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених, аспірантів і студентів «Комп'ютерні ігри та мультимедіа як інноваційний підхід до комунікації – 2023», Одеса, 28–29 жовтня 2023 р. – Одеса, Видавництво ОНТУ, 2023 р. – С. 238.

					КРМ.КІ.1.884-03.1.16	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		11

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ІСНУЮЧИХ АНАЛОГІВ

1.1 Аналіз предметної області

Традиційні гоночні ігри вже давно є основним продуктом ігрової індустрії, пропонуючи доступний і цікавий досвід. Ці ігри віддають перевагу веселошам і азарту, часто спрощуючи фізику реального світу для приємного підходу «бери та грай». Гонки створені для широкої аудиторії, вони включають широкий вибір транспортних засобів, трас і режимів гри з акцентом на вражаючих візуальних ефектах і захоплюючих діях.

Історія розвитку ігор жанру гонки починається з самого початку комп'ютерної індустрії [1].

Завдяки постійному розвитку технологій і інноваціям в галузі комп'ютерних ігор, сучасні ігри жанру «*Racing*» пропонують неймовірно реалістичні візуальні ефекти, динамічну фізику автомобілів, розширені можливості налаштування автомобілів та широкий вибір трас. Також ігри жанру «*Racing*» стають все більш соціальними, дозволяючи гравцям змагатися з іншими гравцями онлайн, спілкуватися і обмінюватися досвідом, ігри жанру «*Racing*» пройшли великий шлях від простих геометричних об'єктів до фотореалістичних візуальних ефектів, від примітивних трас до відтворення реальних автодромів. Вони продовжують захоплювати уяву гравців своїм реалізмом, швидкістю та можливістю відчувати адреналін гоночного спорту.

Аркадні гоночні ігри – підгрупа відеоігор які імітують швидкісні, насичені діями гонки у віртуальних світах, пропонуючи захоплюючий досвід будь кому. Будучи невід'ємною частиною ігрової індустрії, вони постійно розвивалися, розсуваючи межі технологій та ігрового процесу. Аркадні гоночні ігри відомі своєю доступністю, будь-хто може досягнути основи прискорення, керування й гальмування, але опанування нюансів і підкорення складних трас потребують

					КРМ.КІ.1.884-03.1.16	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		12

навичок і практики. У них часто представлено безліч транспортних засобів, кожна з яких має унікальні характеристики, а також різноманітні динамічні гоночні траси, розміщені серед візуально приголомшливих ландшафтів. Крім того, їх яскрава графіка, захоплюючі звукові доріжки та багатокористувацькі режими додають шарів захвату.

Гоночні симулятори, представляють прагнення до реалізму, що стирає межу між віртуальним і справжнім автоспортом. У цих іграх використовуються передові технології, щоб відтворити деталі реальних перегонів, від фізики шин до аеродинаміки. Ігри симулятори віддають перевагу ентузіастам, які шукають справжнього досвіду водіння, з ретельно деталізованими автомобілями та лазерним скануванням треків для забезпечення точності. Вони часто служать тренувальним майданчиком для початківців гонщиків і майданчиком для професійних змагань з кіберспорту.

Жанр «*racing simulator*» (симулятори гоночних автомобілів) – це комп'ютерні ігри, які прагнуть максимально наблизитися до реалістичного досвіду водіння гоночних автомобілів. Вони створені для того, щоб гравці могли відчути справжні емоції та адреналін, пов'язані з гоночними змаганнями, не виходячи зі зручності свого будинку. Однією з головних цілей розробників гоночних симуляторів є досягнення максимальної ступені реалізму. Вони прагнуть створити детальні моделі автомобілів, враховуючи їх фізичні характеристики, такі як керованість, поведінка на трасі, підвіска та реакція на різні умови. Крім того, розробники звертають особливу увагу на відтворення реальних трас з їх унікальною геометрією, поверхнею та погодними умовами [2].

У гоночних симуляторів зазвичай пропонується різноманітність ігрових режимів, включаючи одиночні гонки, кар'єрний режим, багатокористувацькі онлайн-гонки та навіть можливість створення власних трас та автомобілів за допомогою редакторів. Це дозволяє гравцям налаштувати свій досвід гонок і створити унікальні змагання.

Ігри жанру «*racing simulator*» можуть бути корисними для шанувальників автомобілів і автоспорту, оскільки вони надають можливість ознайомитися з

					КРМ.КІ.1.884-03.1.16	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		13

різними автомобілями, трасами та стратегіями гонок. Вони допомагають розвивати навички водіння, такі як точність керування, оцінка траєкторій та реакція на швидко змінюються умови. Крім того, гоночних симуляторів часто стають платформою для віртуальних гонок між гравцями, надаючи можливість для змагань та взаємодії віртуальних гонщиків з усього світу.

Жанр гоночних симуляторів є захоплюючим та захоплюючим досвідом, який дозволяє гравцям погрузитися в атмосферу автоспорту та відчувати гострі емоції змагань на віртуальних трасах з максимальною реалістичністю.

Жанр пройшов довгий шлях еволюції, враховуючи поступовий розвиток комп'ютерних технологій та зростання можливостей геймплею.

Перший етап еволюції гоночних симуляторів припав на початок комп'ютерної геймінгової індустрії. У цей період, що охоплював 1970-1990 роки, почали з'являтися прості гоночні ігри, що моделювали базові фізичні закони та дозволяли гравцям змагатися на віртуальних трасах. Такі ігри мали прості графічні зображення та обмежені можливості фізичної моделі.

Другий етап відбувався у 1990-2000 роках, коли з'явилися ігри, що пропонували більш деталізовану графіку та фізичну модель. Цей період був відмінним завдяки покращенню технологій графіки та розширених можливостей обробки даних. Ігри стали реалістичнішими, з удосконаленими моделями поведінки автомобілів, реалістичними трасами та покращеним ігровим процесом. Такі ігри вже мали можливість грати в режимі мережевих змагань, що дозволяло гравцям змагатися з іншими гравцями по всьому світу.

Третій етап, який тривав приблизно з 2000-х років і до сьогодні, характеризується значними технологічними проривами та збільшенням реалізму графіки і фізики. Завдяки покращеним обчислювальним можливостям, симулятори отримали ще більш точні і деталізовані моделі автомобілів, динамічну фізику, реалістичні ефекти освітлення та шейдери. Гравці отримали більше можливостей налаштування автомобілів, більш реалістичні змагання та розширені можливості взаємодії з іншими гравцями у мережевих режимах.

					КРМ.КІ.1.884-03.1.16	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		14

Нинішні симулятори продовжують рухатися в напрямку ще більшого реалізму та віртуальної реальності. Застосування віртуальної реальності та розширеної реальності дозволяє гравцям ще глибше зануритися в світ гоночних автомобілів, відчувати ще більшу іммерсію та реалізм також, завдяки постійному розвитку комп'ютерних технологій, жанр гоночних симуляторів продовжує здивовувати гравців своїми інноваціями та реалістичним геймплеєм, дозволяючи їм переживати справжні емоції гоночного спорту.

Сьогодні жанр симуляторів гонок має велику популярність за рахунок популяризації VR обладнання та нових можливостей гравців спробувати себе на місці професіонального водія.

Загалом, жанр «*Racing*» є дуже важливою частиною ігрової індустрії, з багатим різноманітним вибором ігор для гравців різного рівня досвіду та інтересів, і частіш за все ігри даного жанру.

Популярні ігри жанру «*Racing*» на даний момент «*iRacing*», «*Forza Motorsport*», «*Assetto Corsa*» та «*Project CARS*».

1.2 Елементи ігор «*Simulator racing*»

Гонки-симулятори як жанр визначаються декількома ключовими якостями, які відрізняють їх від традиційних гоночних ігор аркадного стилю. Гонки-симулятори віддають перевагу реалістичності у зображенні фізики водіння та поведінки автомобіля. Вони прагнуть якомога ближче відтворити досвід водіння справжніх автомобілів, включаючи такі фактори, як зчеплення шин, динаміка підвіски та аеродинаміка. Також, у цих іграх часто представлено широкий спектр високодеталізованих і точно змодельованих автомобілів з різних епох і дисциплін автоспорту, що підвищує автентичність досвіду. Також, гоночні ігри-симулятори зазвичай пропонують точне відтворення трас у реальному світі, фіксуючи кожен деталь геометрії траси та характеристики поверхні. Ця увага до деталей поширюється на такі фактори навколишнього середовища, як погодні умови та цикли день-ніч, що ще більше покращує занурення. Крім того, гоночні симулятори часто надають гравцям різноманітні

					КРМ.КІ.1.884-03.1.16	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		15

варіанти тонкого налаштування своїх транспортних засобів, що забезпечує глибший рівень залучення ентузіастів. Ці якості разом визначають гоночні симулятори як жанр, який приваблює тих, хто шукає справжніх і складних перегонів.

1.3 Методи реалізації фізики у іграх жанру «*Racing*»

Методи реалізації фізики в гонках поділяються на дві основні категорії:

- фізика сил діючих на автомобіль;
- симуляція елементів автомобілю.

Фізика сил відповідає за поведінку автомобіля у просторі та часі, базуючись від простих розрахунків фізичних сил що діють на автомобіль. Цей метод зазвичай набагато простіший у виконанні та не має високі вимоги до потужності комп'ютера. Така модель включає такі аспекти, як:

- колізія;
- інерція;
- динаміка;
- гравітація;
- гальмування;
- аеродинаміка;
- супротив коченню.

Симуляція елементів автомобіля виконується за допомогою створення окремих деталей автомобілю та симулюючи їх поведінку при роботі. Зазвичай симулюються наступні деталі:

- двигун;
- підвіска;
- трансмісія;
- кузов.

Симулюючи ці елементи автомобілю буде отримано дуже наближену до реального світу фізичну модель автомобілів у грі.

					КРМ.КІ.1.884-03.1.16	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Метод реалізації фізики залежить від типу гоночної гри. Для простих ігор, таких як аркадні гонки, може бути досить простою фізичною моделлю. Для реалістичних ігор, таких як симулятори гонок, потрібна докладніша фізична модель.

Вимоги до продуктивності є найважливішим чинником для аркадних гоночних ігор. У цих іграх потрібна висока частота кадрів, тому фізична модель має бути досить простою, щоб не знижувати продуктивність. Вимоги до точності є найважливішим фактором для гонок симуляторів. У цих іграх потрібна максимально реалістична поведінка автомобіля, тому фізична модель має бути досить докладною. Вимоги до складності реалізації є важливим чинником всім типів гоночних ігор. Більш складні фізичні моделі вимагають складнішої реалізації, що може збільшити витрати на розробку та обслуговування гри.

Реалістична фізика може зробити гоночні ігри більш складними та захоплюючими. Вона дозволяє гравцям краще зрозуміти поведінку автомобіля та використовувати це знання для покращення своїх результатів.

1.4 Існуючі аналоги

1.4.1 *iRacing*

Маючи на своєму рахунку понад двадцять успішних випусків гоночних симуляторів, Дейв Каеммер із *iRacing* і його команда є одними з провідних світових експертів із картографування багатотільних систем, прямого розрахунку сил і відповідних динамічних впливів на рух. Невпинні пошуки точності Каеммер привели до створення власної моделі шин *iRacing*. Це відтворює зусилля шини в діапазоні швидкостей і навантажень, додаючи важливий вимір до точності *iRacing*[3].

iRacing це (рис. 1.1) – онлайн-платформа для симуляційних гонок на основі підписки, стала інновацією у світі віртуального автоспорту.

iRacing представляє унікальне поєднання передових технологій і пристрасної спільноти гонщиків. Платформа пропонує неперевершений досвід симуляції, відтворюючи реальну фізику водіння, керування автомобіля та

					КРМ.КІ.1.884-03.1.16	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		17

динаміку траси з дивовижною точністю, величезний вибір ретельно змодельованих автомобілів і трас з інноваційною системою підбору гравців за навичками гри і її роллю у розвитку конкурентоспроможної спільноти онлайн-гонщиків, яка водночас співпрацює. Крім того, *iRacing* має великий потенціал як інструменту для вдосконалення навичок водіння та його потенційний вплив на реальний автоспорт. Завдяки чудовій реалістичності та всебічному гоночному досвіду *iRacing* є еталоном у світі симуляційних перегонів, заслуговуючи на ближче вивчення як любителів ігор, так і шанувальників автоспорту.

Ключовою відмінною рисою *iRacing* є його неперевершена реалістичність. У грі використовуються найсучасніші фізичні механізми та моделі шин, які точно відтворюють динаміку реальних перегонів. Кожен автомобіль у великому гаражі ретельно виготовлений, імітуючи поведінку своїх реальних аналогів. Крім того, траси скануються за допомогою лазера для точного відтворення кожної нерівності, тріщини та недоліку. Ця увага до деталей створює середовище, де гравці можуть по-справжньому відчувати дорогу, що робить *iRacing* життєво важливим інструментом для професійних гонщиків для вдосконалення своїх навичок.

Система підбору матчів *iRacing*, заснована на навичках, є важливою у сприянні конкурентоспроможним, але чесним перегонам. Системи *Safety Rating* і *iRating* гри оцінюють продуктивність і спортивну майстерність гравця, гарантуючи, що він буде порівнюватися з такими ж досвідченими суперниками. Цей підхід не тільки створює захоплюючі перегони, але й заохочує гравців постійно розвивати свої навички водіння.

					<i>KPM.KI.1.884-03.1.16</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		18



Рис. 1.1 – Скріншот ігрового процесу гри «iRacing»

1.4.2 *Forza Motorsport*

Forza Motorsport (рис. 1.2) – відомоа франшиз гоночних симуляторів, яка зайняла собі нішу в ігровій індустрії. *Forza Motorsport* поєднує в собі найсучаснішу графіку, широкий вибір ретельно змодельованих автомобілів і ретельно створених трас, щоб забезпечити захоплюючі враження від гонок. Крім того, *Forza Motorsport* зробила немалий внесок у популяризацію симуляційних перегонів та його вплив на ширшу культуру автоспорту.

Однією з характерних рис *Forza Motorsport* є її непохитне прагнення реалізму. У грі використовуються найсучасніші фізичні движки та ретельне моделювання автомобілів, щоб відтворити керованість і характеристики транспортних засобів реального світу з винятковою точністю. Треки скануються лазером, вловлюючи кожен нюанс їх рельєфу, створюючи захоплюючий досвід перегонів. Ця прихильність до автентичності приваблює не лише геймерів, а й ентузіастів автоспорту, які шукають віртуального аналога своїм справжнім захопленням. Розробники запевняють що у останній грі досягли покращення симуляції фізики шин у 48 разів краще за попередні ігри. Таким чином точки

					<i>KPM.KI.1.884-03.1.16</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		19

дотику шин оброблюються краще ніж у попередніх іграх до 8ми різних точках що надає дуже точну симуляцію поведінки шин машини на трасі[4].

Серія ігор *Forza Motorsport* є відомою і успішною серією гоночних симуляторів, розроблених студією *Turn 10 Studios* і випущених для ігрових платформ *Xbox* та *Windows*. Ця серія славиться своїм високим рівнем реалізму, деталізацією автомобілів та трас, а також глибокими можливостями налаштування та модифікації автомобілів.

Графічна складова *Forza Motorsport* також вражає своєю деталізованістю та реалізмом. Автомобілі відображаються з високою деталізацією, з реалістичними текстурами, блиском кузова та деталізованими внутрішніми просторами. Траси відтворюються з увагою до деталей, з точним відтворенням контурів, поверхні дороги, архітектури та природних ландшафтів. Реалістичні ефекти освітлення, погодні умови та тіні додають грі ще більше реалізму.

Forza Motorsport також славиться своїми розширеними можливостями налаштування автомобілів. Гравці можуть модифікувати автомобілі, вносячи зміни в мотор, підвіску, аеродинаміку та інші аспекти. Це дозволяє створювати унікальні та персоналізовані автомобілі, відповідно до власних вподобань та стратегії гри.

Загалом, серія ігор *Forza Motorsport* пропонує гравцям глибокий та реалістичний гоночний досвід. Вона поєднує фізичну модель, графічну деталізацію та можливості налаштування автомобілів, що дозволяє гравцям зануритися у світ автоспорту та відчувати адреналін гонок на високих швидкостях.

					КРМ.КІ.1.884-03.1.16	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		



Рис. 1.2 – Скріншот ігрового процесу гри «Forza Motorsport 7»

1.4.3 Driveclub

Серія ігор *Driveclub* (рис. 1.3) є гоночною серією, розробленою студією Evolution Studios та виданою компанією *Sony Computer Entertainment*. Ця серія відома своїм акцентом на соціальний аспект гри, деталізованою графікою та реалістичною моделлю керування автомобілями.

У серії *Driveclub* основний акцент робиться на реалістичній моделі керування автомобілями. Гравці відчувають реалістичну фізику руху, реагування автомобілів на дорожні умови та уміння керувати автомобілем на високих швидкостях. Режими гри включають змагання на трасах, дрифтінг, гонки на час та інші виклики, які дозволяють гравцям відчути себе справжніми гонщиками.

Одним з головних аспектів серії *Driveclub* є його соціальна компонента. Гравці можуть створювати клуби або приєднуватися до існуючих, спілкуватися з іншими гравцями та брати участь у різних соціальних викликах та змаганнях. Це дозволяє гравцям встановлювати зв'язки з іншими фанатами автоспорту та змагатися в онлайн-режимі[5].

Графічна складова *Driveclub* вражає своєю деталізованістю та реалізмом. Автомобілі відтворюються з великою увагою до деталей, з фотореалістичними текстурами, реалістичними моделями світла та тіней. Траси пропонують різноманітні середовища, від мальовничих пейзажів до міських ділянок з

						<i>KPM.KI.1.884-03.1.16</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			21

реалістичним дизайном. Реалістичні ефекти погоди, включаючи дощ, сніг та росу, додають грі більшу іммерсію та складність.

Серія ігор *Driveclub* пропонує соціальний та реалістичний гоночний досвід з вражаючою графікою та високим рівнем деталізації. Вона залучає гравців до спільноти шанувальників автоспорту та надає можливість насолодитися гоночними змаганнями в інтерактивному та соціальному середовищі. На жаль гра була закрита у 2019р. Ігрові сервери були зупинені та вона була видалена з магазинів *playstation store*.



Рис. 1.3 – Скріншот ігрового процесу гри «*Driveclub*»

1.4.4 *Assetto Corsa*

Серія ігор *Assetto Corsa* (рис. 1.4) визнана однією з найбільш реалістичних гоночних симуляторів, що розробляється компанією *Kunos Simulazioni*. Ця серія надає гравцям можливість відчути справжні екстремальні відчуття гонок, пропонуючи реалістичну фізику, докладні моделі автомобілів та трас, а також широкі можливості налаштування автомобілів.

Одним з головних аспектів *Assetto Corsa* є його фізична модель. Гра пропонує високий рівень реалізму при передачі поведінки автомобілів на трасі. Гравці відчувають реалістичну керованість, реагування автомобілів на різні умови дороги, врахування зносу шин та інших динамічних ефектів. Це створює

					КРМ.КІ.1.884-03.1.16	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		22

1.4.5 DiRT Rally

Dirt Rally (рис. 1.5) – це серія комп'ютерних ігор, розроблених студією *Codemasters*, що спеціалізується на гоночних симуляторах. Головна особливість цієї серії полягає в її фокусі на ралійних змаганнях та реалістичному досвіді водіння. Гра пропонує гравцям випробувати свої навички та вміння в складних умовах, включаючи різні типи доріг, погодні умови та поверхні.

Однією з ключових особливостей гри *Dirt Rally* є її реалістична фізична модель. Кожен автомобіль відтворюється з урахуванням його характеристик, таких як маса, потужність двигуна, система приводу та інші параметри. Це дозволяє гравцям відчувати поведінку автомобілів на різних типах поверхонь, таких як асфальт, гравій, сніг або ґрунт, а також вплив факторів, які впливають на керованість, наприклад, коливання автомобіля, динамічний знос шин та ін.

Графіка в *Dirt Rally* також заслуговує окрему увагу. Деталізовані моделі автомобілів та доріг створюють реалістичну атмосферу гоночних трас. Велика увага приділяється реалістичним ефектам освітлення, динаміці погодних умов та візуальним деталям. Це допомагає поглибити іммерсивність гри та створює відчуття присутності в справжньому ралійному змаганні[7].

Dirt Rally також вражає своєю геймплейною глибиною та режимами гри. Гравці можуть взяти участь в різних ралійних змаганнях, включаючи швидкісні пробіги, дрифтіві випробування та тривалі ралі. Крім того, гра пропонує режим кар'єри, де гравець може розвивати свою кар'єру ралійного гонщика, заробляючи гроші та вдосконалюючи свої навички та автомобіль.

Усі ці аспекти роблять гру *Dirt Rally* досить привабливою для любителів ралійного спорту та гоночних симуляторів. Вона надає можливість гравцям відчувати адреналін та напругу реальних ралійних змагань, зробити власну команду та змагатися з іншими гравцями по всьому світу.

					КРМ.КІ.1.884-03.1.16	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Крім того, гра *Project CARS* пропонує різні режими гри, включаючи одиночні гонки, кар'єру, мультиплеєрні змагання та змагання з іншими гравцями онлайн. Гравці мають можливість налаштовувати параметри гри, вибрати рівень складності та налаштовувати автомобілі залежно від своїх вподобань та стилю гри.

Усі ці особливості роблять гру *Project CARS* привабливою для шанувальників гоночних симуляторів та тих, хто шукає реалістичний гоночний досвід. Вона дозволяє гравцям відчути справжність гоночного автоспорту, розвивати свої навички та змагатися з іншими гравцями на різних трасах по всьому світу.



Рис. 1.6 – Скріншот ігрового процесу гри «Project CARS»

1.4.7 Gran Turismo

Gran Turismo (рис. 1.7) – це серія комп'ютерних ігор, розроблених студією *Polyphony Digital*. відома своїм фокусом на реалістичному симуляторі водіння та великим асортиментом доступних автомобілів.

Однією з ключових особливостей гри *Gran Turismo* є її деталізований реалістичний підхід до моделювання автомобілів. Кожен автомобіль відтворюється з увагою до дрібних деталей, включаючи зовнішній вигляд, внутрішнє оформлення та технічні характеристики. Розробники працюють над тим, щоб забезпечити максимальну реалістичність, враховуючи фактори, такі як

						<i>KPM.KI.1.884-03.1.16</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			26

1.5 Порівняння обов'язкових елементів гри жанру «*Racing*» в існуючих аналогах

Було створено таблицю порівняння обов'язкових елементів гри жанру «*Racing*» в існуючих аналогах для визначення елементів

Таблиця 1.1

Порівняння ігрових компонентів в існуючих аналогах

	<i>iRacing</i>	<i>Forza Motorsport</i>	<i>Drive Club</i>	<i>Assetto Corsa</i>	<i>DiRT Rally</i>	<i>Project CARS</i>	<i>Grand Turismo</i>
Просунута симуляційна фізика	+	+	+	+	+	+	+
Можливість обширного налаштування транспорту	+	+	-	-	-	+	-
Симуляція погодних умов	+	+	+	+	+	+	+
Складна симуляція взаємодії з ґрунтом	+	-	-	-	+	+	-
Симуляція аеродинаміки	+	+	-	+	+	+	+
Взаємодія з ґрунтом	+	+	+	+	+	+	+
Симуляція пошкоджень	+	+	+	+	+	+	+

1.6 Постановка завдання

Метою кваліфікаційної роботи є дослідження методів реалізації реалістичної фізики в іграх жанру «*Racing*».

Основний функціонал та контент, який слід розробити:

1. Створення ігрового контенту: транспортні засоби, елементи середовища, елементи інтерфейсу користувача та інше.

					<i>KPM.KI.1.884-03.1.16</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		28

2. Створення ігрового світу (гоночних трас та навколишнього середовища).
3. Розробка фізики поведження транспортних засобів.
4. Створення та випробування демонстраційної версії гри.

Висновки до першого розділу

1. У результаті аналізу предметної області було виявлено основні риси ігор жанру «*Racing*» з реалістичною фізикою. Показано процес еволюції жанру.
2. Проаналізовано існуючі методи реалізації реалістичної фізик.
3. Проаналізовано сучасні аналоги ігор жанру «*Racing*» з реалістичною фізикою. Виявлено їх переваги та недоліки.
4. Здійснено постановку задачі з зазначенням бажаного результату, що є необхідним для розробки проектної документації та демонстраційної версії гри.

					КРМ.КІ.1.884-03.1.16	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		29

РОЗДІЛ 2

ПРОЕКТНА ДОКУМЕНТАЦІЯ

2.1 Вступ

Гонки відбуваються в реальному світі на заготовлених моделях трас реального світу. Головним героєм є безіменний персонаж який намагається перемогти світове гранд прі та стати відомим на весь світ гонщиком. Почавши з мінімальним досвідом у гонках, гравець бере участь у низці змагань меншого рівня, і поступово проходить змагання які з кожним разом стають складніше, щоб підвищити кваліфікацію і потрапити до головного турніру року.

Гра складається з різних трас, кожна з них представлена у вигляді унікальних локацій з яскравими ігровими елементами та наближеною до реалізму графікою. Дизайн базується на реальних локаціях і намагається відтворити якнайбільше деталей реального світу.

2.2 Жанр та аудиторія

Гра відноситься до піджанру «Симулятори» жарну «*Racing*».

Цей жанр надає гравцям можливість відчувати себе за кермом реального автомобіля і насолодитися змаганнями з іншими гравцями.

Гра орієнтована на підліткову та дорослу аудиторію гравців і не містить обмежуючого контенту. Додаткову привабливість гра має для власників симуляторних наборів аксесуарів до комп'ютера.

Середній час одного заїзду становить 20-30 хвилин, що є звичайним показником даного жанру.

2.3 Основні особливості гри

Основними особливостями гри є:

- геймплей націлений на максимально реалістичну поведінку автомобілів;

					КРМ.КІ.1.884-03.1.16	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- симуляція фізики підвіски автомобіля;
- симуляція фізики шин автомобіля;
- можливість обирати між декількома автомобілями;
- змагання під час різних погодних умов;
- занесення результатів у таблицю рекордів.

2.4 Опис гри

2.4.1 Основний хід гри

Ігровий процес центрує головний фокус на керуванні автомобілем під час гонок. Гравець також має можливість вибирати між кількома автомобілями які можуть бути використані у змаганні.

2.4.2 Ігрове оточення

Перегони відбуваються на різноманітних трасах, від сучасних міських доріг до вузьких гірських перехресть і піщаних пустельних бездоріжжя. Кожна траса представляє свої проблеми та вимагає унікальних навичок водіння

2.4.3 Керування автомобілем

Модель водіння закладена в основі цього проекту і побудована на основі реалізму. Він ретельно моделює поведінку різних типів транспортних засобів, враховуючи такі фактори, як геометрія підвіски та аеродинаміка. Цей рівень деталізації має на надати гравцям реальні відчуття від водіння.

Моделювання поведінки шин які є єдиною точкою контакту між транспортним засобом і дорогою, що робить їх критичним аспектом ігрового водіння. У своєму проекті я включаю розширені фізичні моделі шин, які враховують суміші шин, знос і деформацію. Ці фактори безпосередньо впливатимуть на зчеплення, керованість і загальну продуктивність автомобіля.

Фізична модель шини враховує складну природу сумішей які зазвичай використовують для них. Враховуються такі фактори, як твердість або м'якість гуми шини, що безпосередньо впливає на рівень зчеплення.

					<i>KPM.KI.1.884-03.1.16</i>	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

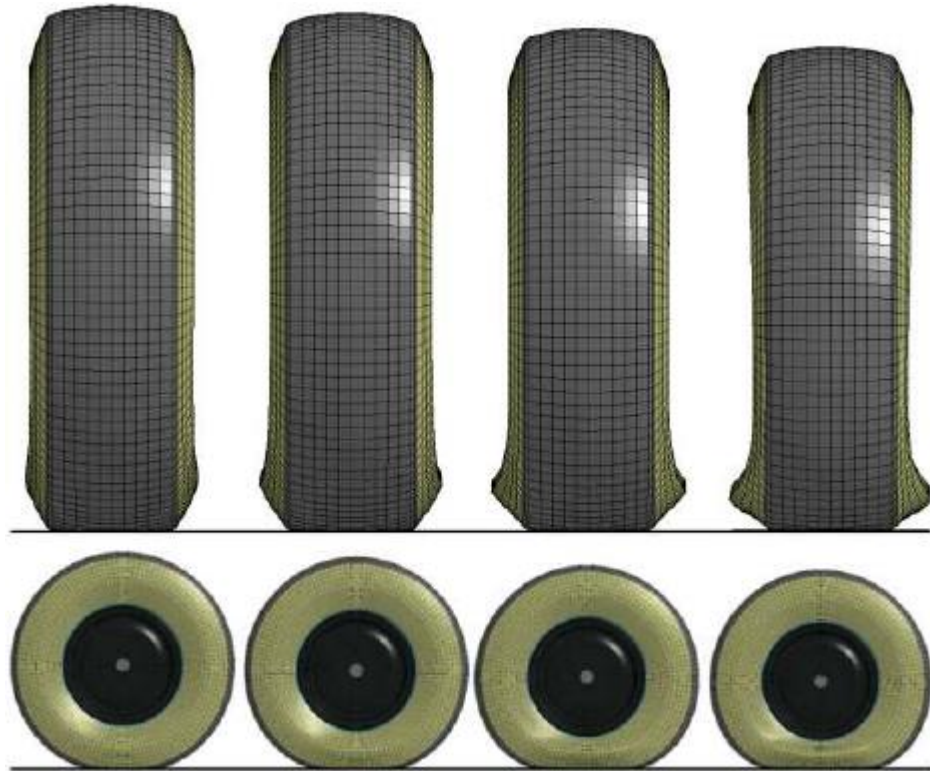


Рис. 2.1 – Схема деформації шини у реальному світі

Гравцеві можуть бути доступні різні суміші шин, кожна зі своїми компромісами. М'які суміші забезпечують краще зчеплення, але швидше зношуються, тоді як твердіші суміші забезпечують довговічність, але можуть пожертвувати зчепленням. У моделі керування також буде враховуватися температура шин яка є критичним фактором, який впливає на зчеплення. Модель водіння може імітувати динамічні зміни температури шин під час прискорення, гальмування та проходження поворотів. Тепло, що утворюється під час інтенсивної їзди, може спричинити більший зчеплення шин, покращуючи зчеплення. Навпаки, тривала їзда на високій швидкості або надмірне гальмування можуть призвести до перегріву, погіршуючи характеристики шини. Під час довгої їзди шини почнуть зношуватися, що впливає на їх зчеплення та керуваність. Симуляція враховує деградацію шин, моделюючи, як накопичується знос шин протягом гонки. Гравці повинні стратегічно керувати зносом шин, коригуючи стиль водіння та роблячи піт-стопи для того щоб отримати запас свіжої гуми, додаючи до ігрового процесу додатковий рівень

					<i>KPM.KI.1.884-03.1.16</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		32

стратегії. Також під час руху автомобіля шини деформуються під дією сил, що на них діють. Модель розраховує зону контакту шини — площу шини, що контактує з поверхнею дороги — і те, як вона змінює розмір і форму під час прискорення, гальмування та поворотів. Ця динамічна взаємодія між шиною та дорожнім покриттям безпосередньо впливає на зчеплення, тому гравцям важливо адаптувати свою техніку водіння в реальному часі. Ці данні симулюються у грі але візуально вони не відтворюють деформацію у шинах тому що це буде нести дуже велике навантаження на систему гравця. Для більш реалістичної взаємодії гравця із ігровим світом гра також враховує тип і стан дорожнього покриття. Мокрі, зледенілі або вкриті гравієм дороги забезпечують різні рівні зчеплення порівняно з сухим асфальтом. Калюжі дощової води та розливи нафти можуть створити додаткові проблеми, оскільки вони впливають на поведінку шин, вимагаючи від гравців бути обережними та відповідним чином коригувати свій стиль водіння[10].

Для ще більшого підвищення рівня реалізму, модель водіння включає поглиблене моделювання підвіски та динаміки шасі автомобіля. Це охоплює поведінку амортизаторів, пружин, стабілізаторів поперечної стійкості та ефект перенесення ваги під час прискорення, гальмування та поворотів. Мета полягає в тому, щоб гарантувати, що віртуальний транспортний засіб реагує на вказівки гравця так само, як відреагує його аналог у реальному світі.



Рис. 2.2 – Рисунок системи підвіски автомобіля у реальному світі

У моделі керування у грі розглянені різні компоненти підвіски, включаючи амортизатори, пружини, стабілізатори поперечної стійкості. Поведінка кожного компонента моделюється окремо, щоб точно відтворити, як вони взаємодіють один з одним і з шасі автомобіля [11].

Пружини – відповідають за підтримку ваги автомобіля та поглинання нерівностей і нерівностей дороги. Гра розраховує, як пружини стискаються та розтягуються у відповідь на зміни рельєфу, розподілу ваги та рушійних сил. Більш жорсткі пружини забезпечують міцнішу їзду та зменшують крен кузова, тоді як м'які пружини забезпечують більш зручне, але потенційно менш стабільне керування [12].

Амортизатори – контролюють швидкість стискання та розтягування пружин. Модель підвіски враховує амортизаційний ефект амортизаторів, що допомагає керувати коливаннями пружин. Гравець може точно налаштувати параметри амортизації, щоб досягти бажаного балансу між комфортом їзди та чуйною керованістю [13].



Рис. 2.3 – Рисунок амортизатора і пружини у сборі

Стабілізатори поперечної стійкості – допомагають зменшити крен кузова під час поворотів. Симуляція точно зображує, як стабілізатори поперечної стійкості впливають на розподіл ваги та схильність автомобіля нахилитися під час поворотів. Регулювання жорсткості стабілізаторів поперечної стійкості може значно вплинути на поведінку автомобіля на поворотах [14].

Також на розрахунок поведінки підвіски впливає рельєф, по якому рухається автомобіль. Нерівності, нерівності, вибоїни та умови бездоріжжя мають великий вплив на керування автомобілем під час водіння. Гравці повинні адаптувати свою техніку водіння, щоб правильно керувати на різноманітній місцевості.

На додаток до динаміки автомобіля, водіння у грі робить сильний акцент на вхід інформації від гравця та зворотний зв'язок. Він розглядає нюанси керування кермом і гальмами, пропонуючи гравцям тонке відчуття контролю над своїми віртуальними автомобілями. Силовий зворотний зв'язок від керма та тактильний зворотний зв'язок від педалей ще більше занурять гравців у враження від водіння. Також доданий аналог цієї функції у вигляді вібрації для контролерів.

2.4.4 Ігрова мапа

У грі буде присутня мапа для демонстрації можливостей фізичної моделі. Пустоти будуть заповнені рослинністю у вигляді дерев без колізії. Траса буде оточена забором через який гравець не зможе пройти. Сама траса буде представлена з текстурами чорного асфальту. Та зелені текстури трави на землі поза зоною траси. Також буде оформлена зона старту та фінішу і буде мати трибуни та полосу фінішу – старту.

					<i>КРМ.КІ.1.884-03.1.16</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		36

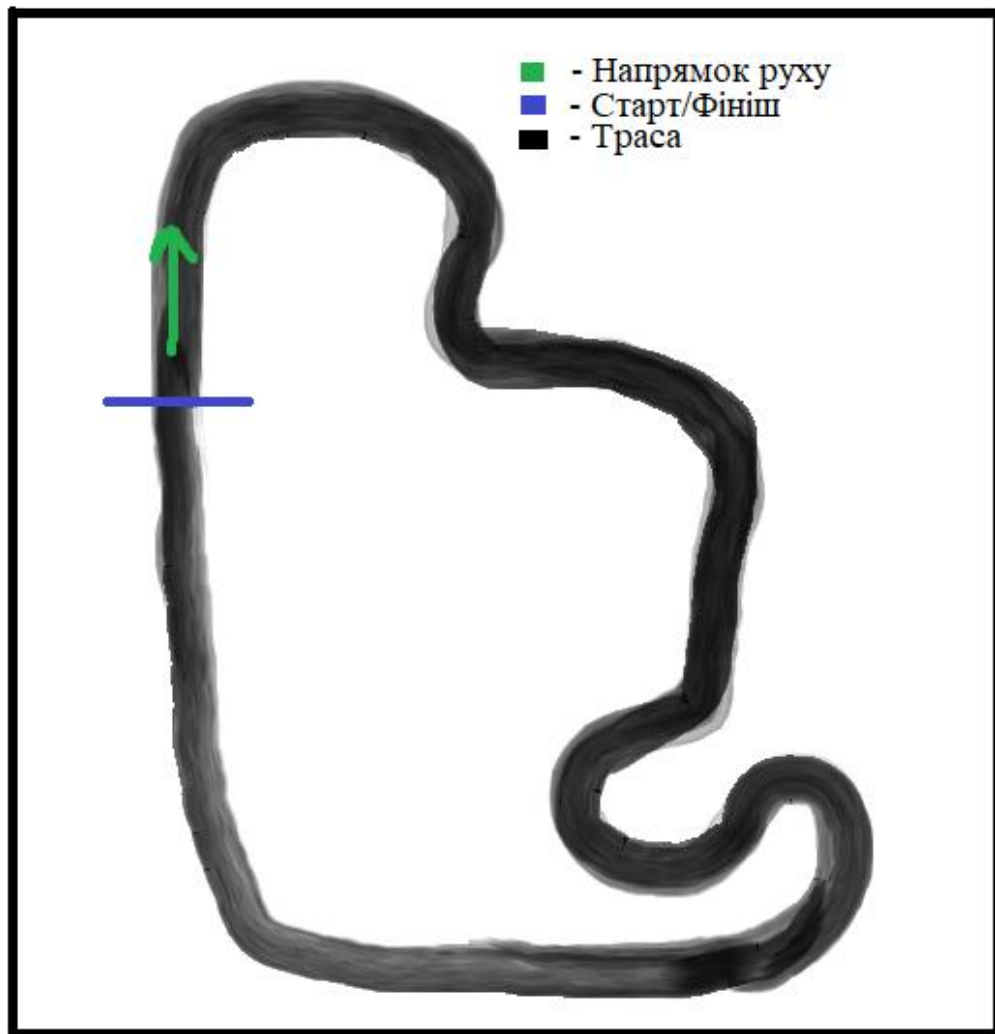


Рис 2.5 – Схема траси для гри

2.5.4 Автомобілі

У грі будуть присутні 2 автомобілі. Якими може керувати гравець. Ці автомобілі відрізняються за поведінкою та за потужністю.

					<i>КРМ.КІ.1.884-03.1.16</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		37

Список автомобілів у грі.

 <p>Рис 2.6 Дрифт автомобіль</p>	<p>Даний автомобіль не має великої максимальної швидкості, і створений для демонстрації можливостей водіння зі стилем дрифту у фізичній моделі.</p>	<p>Потужність: 166 к.с. Крутящий момент: 213Нм. Вага: 900кг.</p>
 <p>Рис 2.7 Гоночний автомобіль</p>	<p>Даний автомобіль має велику максимальну швидкість, і створений для демонстрації можливостей водіння у фізичній моделі.</p>	<p>Потужність: 504 к.с. Крутящий момент: 555Нм. Вага: 1267кг.</p>

2.5.5 Формули

Щоб імітувати автомобілі в грі, нам потрібно обчислити сили, що діють на автомобіль. Поздовжні, бічні та вертикальні сили слід розглядати окремо. Поздовжні сили діють у напрямку кузова автомобіля (або точно протилежний напрямок). Це колісна сила, гальмівна сила, опір коченню, і опір (опір повітря). Разом ці сили контролюють прискорення або уповільнення автомобіля. Бічні сили, які викликані боковим тертям на колесах, дозволять машині розвернутися. Сила тяжіння (вертикальна), яка діє як нормально до похилої поверхні, так і паралельно схилу впливає на автомобіль.

Аеродинамічний опір

Під час руху автомобіля виникає аеродинамічний опір, який чинить опір руху автомобіля [16]. Сила опору пропорційна квадрату швидкості і формула для обчислення сили така

$$F_{drag} = -C_{drag} * V * |V| \quad (2.1)$$

де F_{drag} – сила опору.

V – вектор швидкості.

C_{drag} – константа, пропорційна лобова частина автомобіля.

Опір коченню

Опір коченню виникає через тертя між гумою та дорожнім покриттям коли колеса котяться і пропорційна швидкості[17].

$$F_{rr} = -C_{rr} * V \quad (2.2)$$

де F_{rr} – опір коченню.

V – вектор швидкості.

C_{rr} – константа.

Сила тяжіння

Сила тяжіння тягне автомобіль до землі. Паралельний компонент гравітаційна сила може тягнути автомобіль вперед або назад залежно від того, чи спрямований автомобіль у гору або вниз[18].

$$F_g = mg \sin \theta \quad (2.3)$$

де F_g – сила тяжіння.

θ – кут нахилу.

Тяга

Двигун створює крутний момент, який при подачі на колеса викликає їх обертатися. Тертя між шинами та землею перешкоджає цьому руху, в результаті

					КРМ.КІ.1.884-03.1.16	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

чого до шин прикладається сила в напрямку, протилежному до обертання шин[19].

$$F_{traction} = T_{wheel}/R_{wheel} \quad (2.4)$$

де $F_{traction}$ – сила, прикладена до шин.

T_{wheel} – крутний момент, прикладений до колеса.

R_{wheel} – радіус колеса.

Щоб визначити положення автомобіля, спершу ми повинні знайти сумісну силу, що діє на автомобіль. Загальна поздовжня сила є векторною сумою цих чотирьох сил.

$$F_{long} = F_{traction} + F_{drag} + F_{rr} + F_g \quad (2.5)$$

де F_{long} – поздовжня сила.

$F_{traction}$ – сила, прикладена до шин.

F_{drag} – сила опору.

F_{rr} – опір коченню.

F_g – сила тяжіння.

При гальмуванні гальмівна сила замінює силу тяги, яка спрямована в протилежний бік. Проста модель гальмування виглядає наступним чином [20].

$$F_{braking} = -u * C_{braking} \quad (2.6)$$

де $F_{braking}$ – сила гальмування

u – одиничний вектор у напрямку руху автомобіля

$C_{braking}$ – константа

					КРМ.КІ.1.884-03.1.16	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Прискорення автомобіля визначається сумарною силою, що діє на автомобіль і на маси автомобіля за другим законом Ньютона.

$$a = F/M \quad (2.7)$$

де a – прискорення автомобіля.
 F – сила діюча на автомобіля.
 M – маса автомобіля.

Швидкість автомобіля визначається інтегруванням прискорення в часі за допомогою чисельного методу чисельного інтегрування[21].

$$V_{new} = V + dt * a \quad (2.8)$$

де dt – це приріст часу в секундах між наступними викликами фізичного механізму.
 a – прискорення автомобіля.
 V – швидкість автомобіля.

Положення автомобіля, у свою чергу, визначається інтегруванням швидкості в часі

$$P_{new} = P + dt * V \quad (2.9)$$

де P_{new} – нове положення автомобіля.
 P – положення автомобіля.
 dt – це приріст часу в секундах між наступними викликами фізичного механізму.
 V – швидкість автомобіля.

За допомогою цих сил ми можемо досить точно імітувати прискорення автомобіля. Разом вони також визначили максимальну швидкість автомобіля, оскільки зі збільшенням швидкості автомобіля сили опору також зростають. У якийсь момент сили опору та сила двигуна компенсують одна одну, і автомобіль досягає максимальної швидкості.

Розрахунки двигуна

Коли двигун працює, він створює певний крутний момент. Крутний момент, який забезпечує двигун, залежить від швидкості, з якою двигун обертається, зазвичай виражається у вигляді обертів за хвилину. Відношення крутного моменту до обертів на хвилину зазвичай представлено у вигляді кривої, відомої як крива крутного моменту. Крива крутного моменту *Toyota Supra* 2002 року показана на рисунку 2.6.

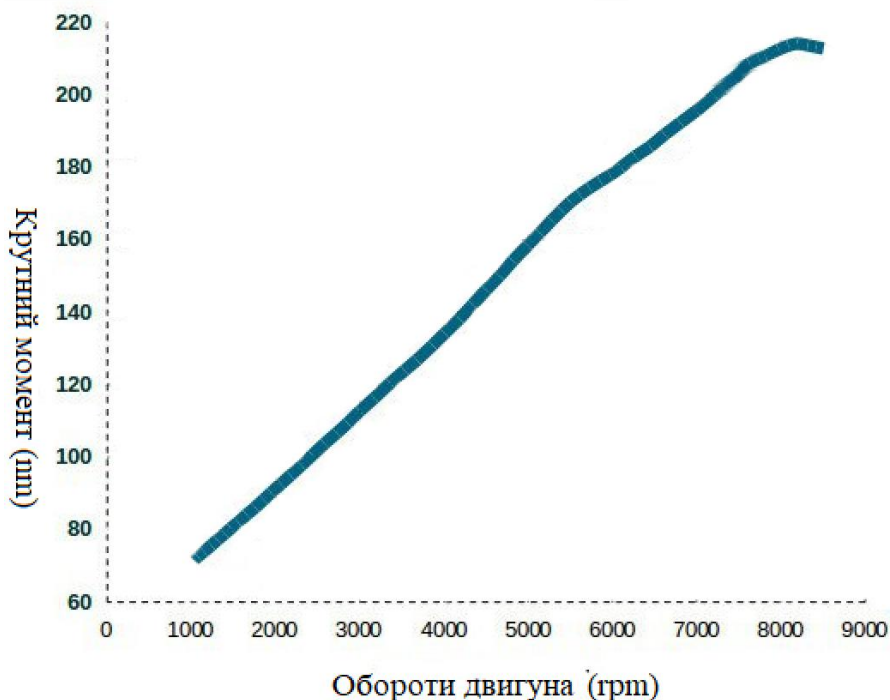


Рис. 2.6 – Графік крутного моменту двигуна автомобіля *Toyota Supra*

На рисунку показано максимальний крутний момент, який може забезпечити двигун при заданих обертах. Фактичний крутний момент, який забезпечує двигун, залежить від положення дросельної заслінки та становить

					<i>KPM.KI.1.884-03.1.16</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		42

частку від 0 до 1. Крива визначається в певному діапазоні, оскільки значення вище призведе до пошкодження двигуна [22].

Кутова швидкість двигуна в рад/с отримується шляхом множення швидкості обертання двигуна на 2π і ділення на 60.

$$\omega_e = 2\pi\Omega_e/60 \quad (2.10)$$

де ω_e – кутова швидкість двигуна

Для цілей потрібних для гри ми можемо наближено представити криву крутного моменту як ряд прямих ліній.

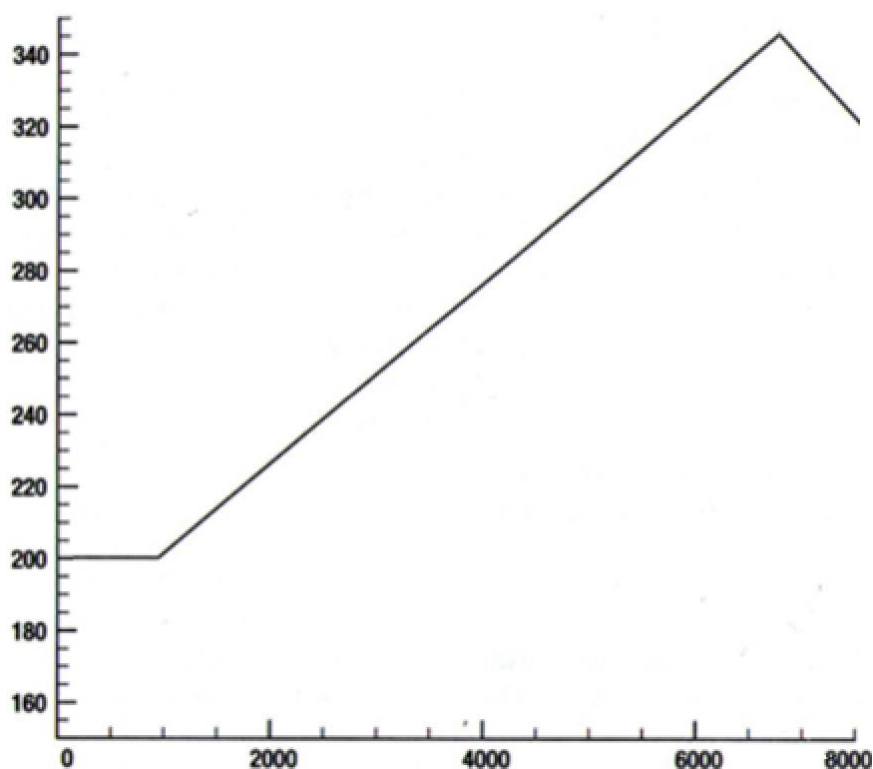


Рис. 2.7 – Спрощений графік крутного моменту двигуна автомобіля *Toyota Supra*

Крутний момент, прикладений до коліс, не збігається з крутним моментом двигуна, тому що крутний момент двигуна проходить через трансмісію, перш ніж прикладатися до коліс. Передавальне число між двома передачами - це відношення діаметрів передач. Трансмісія автомобіля зазвичай має від трьох до

шести передач переднього ходу та одну передачу заднього ходу. Також є додатковий набір передач між коробкою передач і колесами, відомим як диференціал, а передавальне число цієї коробки передач називається кінцевим передавальним числом. Крутний момент колеса можна отримати за допомогою наступного рівняння.

$$T_w = T_e * g_k * G \quad (2.11)$$

де T_w – крутний момент колес
 T_e – крутний момент двигуна
 g_k – передавальне число будь-якої передачі, на якій перебуває автомобіль
 G – кінцеве передавальне число.

Зв'язок між оборотами двигуна і кутовою швидкістю колеса може бути розрахований за наступною формулою.

$$\omega_w = 2\pi\Omega_e / (60 * g_k * G) \quad (2.12)$$

де ω_w – зв'язок між оборотами двигуна і кутовою швидкістю колеса.
 g_k – передавальне число будь-якої передачі автомобіля.
 i in G – кінцеве передавальне число.

Обертаючись на низьких швидкостях, колесо зазвичай котиться в тому напрямку, в якому вони рухались з початку, але у поворотах на високій швидкості колеса можуть бути направлені в одному напрямку, тоді як вони рухаються в іншому напрямку. Це означає, що вектор автомобіля знаходиться під прямим кутом до коліс, що змушує їх ковзати вбік. Це відомо як кут між

					<i>KPM.KI.1.884-03.1.16</i>	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

орієнтацією автомобіля та вектором швидкості автомобіля відомий як кут бокового ковзання.



Рис. 2.8 – Схема бокового кута ковзання

V) – напрям бокової сили автомобіля β) – боковий кут ковзання

Ω) – напрям руху автомобіля

Під час проходження поворотів на високій швидкості шини розвивають бічні сили, також відомі як сила повороту. Ця сила залежить від кута ковзання, який є кутом між напрямком руху шини та вагою яка розміщена на тій шині. При малих кутах ковзання силу повороту можна визначити за наступною формулою.

$$F_{cornering} = C_a * \alpha \quad (2.13)$$

де $F_{cornering}$ – сила проходження кута.

C_a – жорсткість на поворотах.

α – кут бокового ковзання.

Кути ковзання для передніх коліс і задніх коліс розраховуються за цими рівняннями.

$$\alpha_{front} = \arctan((V_{lat} + \omega * b)/V_{long}) - \sigma * \text{sgn}(V_{long}) \quad (2.14)$$

$$\alpha_{back} = \arctan((V_{lat} + \omega * b)/V_{long}) \quad (2.15)$$

Де α_{front} – кут ковзання передніх коліс

α_{back} – кут ковзання задніх коліс

					КРМ.КІ.1.884-03.1.16	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		45

ω – кутова швидкість автомобіля

σ – кут повороту

V_{lat} – швидкість у поперечному напрямку

V_{long} – швидкість у поздовжньому напрямку

b – відстань від CG до передньої осі

c – відстань від CG до задньої осі

Наступний елемент для розрахунків є підвіска автомобіля оскільки саме цей елемент відповідає за передачу та розподілення ваги автомобіля на колеса та її підтримку і покращення контакту колес з поверхнею на якій знаходиться автомобіль.

Підвіска являє собою систему пружин, амортизатора і з'єднувальних тяг автомобіль до своїх коліс і дозволяє відносний рух між ними. Реалізація системи підвіски додає великий рівень реалістичності динаміці автомобіля. Дана система є дуже складним елементом для реалізації. Для програмування ігор Ми могли б просто припустити, що кожне колесо з автомобілем з'єднується пружиною [23].

Пружини прикладають до кожного предмета однакову протилежну силу. Ця сила є Законом Гука і є функцією розтягнутої або стисненої довжини пружини відносно довжини спокою пружини та константи пружини. Константа пружини пружини — це величина, яка пов'язує силу, що стискає пружину відповідно до її випрямлення. Рівняння пружини закону Гука виглядає наступним чином.

$$F_s = K_s(L - r) \quad (2.16)$$

де F_s – сила пружини

K_s – постійна пружини

L – розтягнута або стиснута довжина пружини

r – довжина спокою пружини.

Система зчеплення підвіски утримує пасажира автомобіля комфортно та добре ізольовано від шуму дороги, ударів, коливань тощо.

					КРМ.КІ.1.884-03.1.16	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Для цілей програмування гри ми можемо просто припустити, що це рухоме посилання з'єднує кожне колесо з пружиною

Використовуючи дані формули ми зможемо побудувати досить фізичну модель поведінки автомобілів у грі, також деякі з цих функцій будуть виконуватися за допомогою вбудованих інструментів у ігровому движку «Unity».

2.5.6 Графіка

Таблиця. 2.1

Графічні елементи

Елемент	Опис
Автомобілі	Графічні моделі автомобілів які керуються гравцем.
Рослинність	Флора різних розмірів та видів щоб покращити зовнішній вигляд поза трасою та зробити процес водіння більш цікавим.
Каміння	Каміння різних форм що, розміщені на карті гри для того щоб придати кращого виду поза трасою.
Декор	Декоративні елементи що присутні у грі на мапі, а саме бочки, ящики, невеликі будівлі, трибуни.
Елементи Інтерфейсу	Елементи що інформують гравця про стан гри та стани елементів над якими він має контроль.
Старт - Фініш	Об'єкт з яким взаємодіє гравець для того щоб помітити процес проходження гонки, або її завершення.

Анімації гри

Анімація	Опис
Анімація їзди	Анімації руху автомобіля, включають у себе повертання коліс, анімації вихлопних трую.
Старт	Анімація старту гонки.
Фініш	Анімація фінішу гонки.

2.5.7 Звук

Звуки гри:

Звук	Опис
Звук двигуна	Звук машини що буде грати при їзді.
Звук тертя резини	Звук машини при втрачанні контролю над керуванням при якому шини не мають повного зцеплення з трасою.
Звук Старту	Звук що грає при старті гонки.
Звук Фінішу	Звук що грає при фініші гонки.
Музика у меню	Музика що буде грати у меню.
Музика під час гонки	Музика що буде грати під час гонки.

2.5.8 Платформа

Гра буде розроблена та адаптована для десктопних платформ, таких як персональні комп'ютери та ноутбуки. Це надає гравцям можливість насолоджуватися ігровим процесом з комфортом удома використовуючи клавіатуру та мишу чи геймпад. Було обрано саме платформу ПК через те що гра може використовувати велику кількість ресурсів для того щоб працювати. Через

					КРМ.КІ.1.884-03.1.16	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		48

те що саме ПК має достатню потужність для виконання розрахунків фізичної моделі.

Таблиця. 2.4

Системні вимоги до гри

Системні вимоги гри	
Характеристика	Мінімальні Вимоги
Платформа	ПК
Операційна Система	Windows
Процесор	Чотирьохядерний, 2 ГГц
Оперативна Пам'ять	Мінімум 4 ГБ RAM
Вільне Місце на Пристрої	Мінімум 2 ГБ
Роздільна Здатність Екрану	HD (1280x720) або вище
Периферія	Клавіатура та миша, геймпад

Ця таблиця надає короткий та чіткий огляд мінімальних системних вимог для гри. Це дозволяє користувачам легко перевірити сумісність свого пристрою перед завантаженням гри, забезпечуючи оптимальний ігровий досвід.

Висновок до другого розділу

1. У другому розділі було створено концептуальний документ гри, який потрібен для презентації інвесторам та видавцям гри.
2. Був створений дизайнерський документ гри, що описує гру, її особливості та ігрові механіки.
3. Було розглянуто та спроектовано підходи до реалізації фізичної моделі автомобілів у грі.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА ДЕМОНСТРАЦІЙНОЇ ВЕРСІЇ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Враховуючі ці фактори ми маємо можливість відтворити модель реалістичної поведінки автомобілів у грі яка надасть повний спектр емоцій гравцю від управління автомобілем

Також використовуючи дизайнерський документ що був написаний ми зможемо виробити гру за характеристиками що були занесені до документу.

3.1 Вибір засобів розробки

Для виконання проекту був обраний ігровий двигун *Unity*. Даний ігровий двигун є видатним інструментом у галузі розробки ігор, надаючи різнобічне та доступне програмне оточення для створення ігор у *2D* та *3D* графіці, а також у сферах доповненої та віртуальної реальності. Важливими особливостями *Unity* є його інтуїтивний інтерфейс та функціональність «*drag-and-drop*», що суттєво спрощує процес створення ігрових елементів, особливо для початківців [24].

Однією з ключових переваг *Unity* є використання мови програмування *C#* для скриптингу. *C#* – це доступний та потужний інструмент, що робить його відмінним вибором для вивчення та застосування програмування у контексті розробки ігор. *Unity* надає великі ресурси для навчання, включаючи навчальні матеріали, форуми та документацію. Це виявляється неймовірно цінним для пошуку матеріалів для програмування, дизайну або пошуку натхнення для своїх проектів. Окрім того, важливою рисою *Unity* є можливість експорту створених ігор на різні платформи, такі як ПК, мобільні пристрої, ігрові консолі, а також у сфері доповненої та віртуальної реальності. Ця гнучкість дозволяє експериментувати з різними платформами.

					КРМ.КІ.1.884-03.1.16	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Інтеграція між *Visual Studio* та *Unity* забезпечує плавний та безперервний робочий процес. Розробники можуть легко перемикатися між двома програмами, переглядати зміни в реальному часі та відстежувати помилки.

Visual Studio і *Unity* – це потужне та ефективне поєднання для розробки ігор та програм. *Visual Studio* як офіційне інтегроване середовище розробки для *Unity* надає просте та функціональне оточення для створення ігор мовою програмування *C#*. Потужні інструменти для налагодження *Visual Studio* допомагають розробникам швидко виявляти та усувати помилки. Розробники можуть проводити налагодження безпосередньо в *середі розробки*, візуалізувати змінні та відстежувати виконання коду в режимі реального часу. Комбінація *Visual Studio* разом з *Unity* забезпечує зручне та гнучке оточення для створення інноваційних та високоякісних ігрових проєктів. На рисунку 3.1 зображено логотипи *Unity* та *Microsoft Visual Studio*.



Рис. 3.1 – Логотипи *Unity* та *Microsoft Visual Studio*

3.2 Початок розробки

3.2.1 Створення сцени гри

Вікно створення сцени в *Unity* є основним інструментом для створення та редагування сцен у грі. Воно складається з декількох панелей, які дозволяють користувачеві додавати об'єкти до сцени, змінювати їхні властивості та переглядати результат. Вікно *Unity* складається з багатьох частин, а саме з декількох розділів які буде розглянуто нище.

					КРМ.КІ.1.884-03.1.16	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		51

Центральна частина вікна поділена на дві основні області: Сцену та Ігрову Область [25]. У Сцені візуалізується поточний рівень проекту, а Ігрова Область відображає реальний ігровий процес відповідно до поточного стану проекту.

Ліворуч розташовується панель ієрархії, що представляє ієрархічну структуру всіх об'єктів у поточній сцені. Це включає камери, світло та інші елементи. Також ліворуч під панеллю ієрархії знаходиться панель проекту, де структуровано всі файли та ресурси проекту. Це місце для додавання, видалення та організації ресурсів.

У правій частині вікна знаходиться панель інспектора, де відображаються властивості та компоненти вибраного об'єкта. Тут можна налаштовувати параметри об'єктів, матеріали, анімації та ін.

У нижній частині розміщено вікно консолі, де виводяться повідомлення про стан складання, попередження, помилки та інші логи. Це важливий інструмент для налагодження та оптимізації проекту.

Нагорі вікна *Unity* розміщена Інструментальна Панель, що містить основні інструменти управління проектом, включаючи кнопки збереження, відтворення, паузи та налаштування сцени [26] які можна побачити на рисунку 3.2.

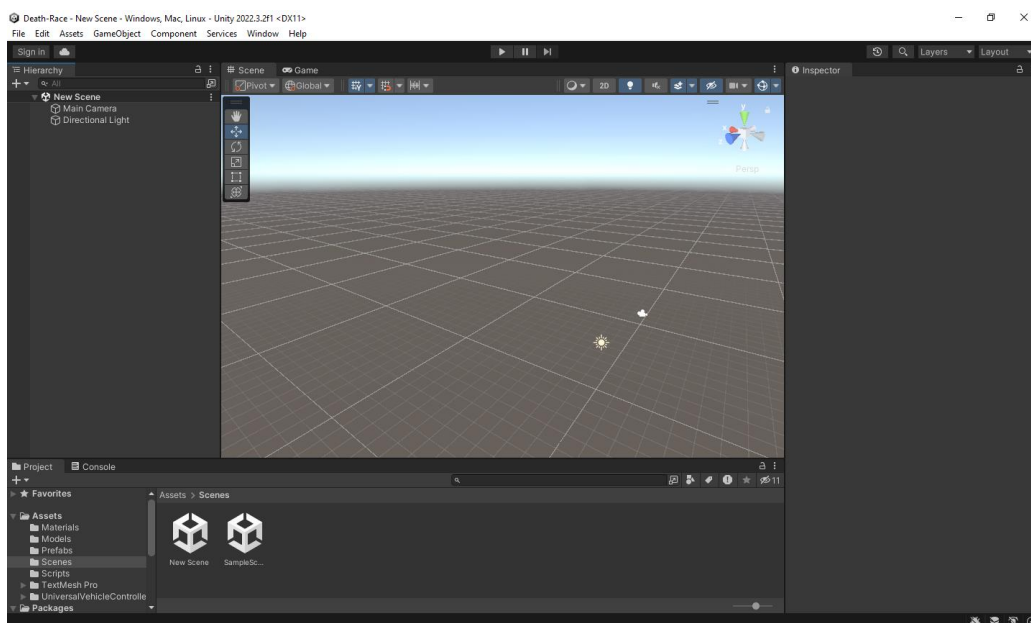


Рис. 3.2 – Рисунок головного вікна *Unity*

					<i>KPM.KI.1.884-03.1.16</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		52

3.2.2 Створення префабів машин

Префаби в *Unity* є ключовим інструментом, що забезпечує ефективне управління ресурсами і підвищення продуктивності при розробці ігор. Концепція префабів впроваджується у процес створення ігрового контенту з метою спрощення та оптимізації.

Префаб в *Unity* є готовим до використання об'єктом, що поєднує в собі компоненти, матеріали, скрипти та інші пов'язані ресурси. Це забезпечує можливість багаторазового використання контенту та легкість поновлення всіх екземплярів префабу при внесенні змін [27].

Використання префабів надає кілька значних переваг. Насамперед, це ефективне управління ресурсами, оскільки створення безлічі екземплярів із загальними характеристиками знижує споживання системних ресурсів. Крім того, простота оновлення є ключовим аспектом, оскільки внесені зміни автоматично поширюються на всі екземпляри префабу у сцені. Префаби сприяють узгодженості дизайну, оскільки всі екземпляри об'єктів базуються на одному й тому ж об'єкті. Це особливо важливо у контексті розробки командних проектів, де підтримка однаковості є пріоритетом. Разом з тим виникають певні труднощі при використанні префабів. Обмежена гнучкість індивідуальних екземплярів може стати викликом, особливо за необхідності внести унікальні зміни до окремих об'єктів. Крім того, у великих проектах може виникнути складність в управлінні та організації великої кількості префабів.

Саме через це, префаби залишаються невід'ємним елементом інструментарію розробників. Їх використання стимулює оптимізацію та забезпечує баланс між ефективністю управління ресурсами та вимогами до унікальності контенту в розроблюваних іграх.

Враховуючи це, було створено декілька префабів автомобілів якими може керувати гравець. Моделі для даних автомобілів було експортовано з інтернету, після чого вони були зібрані по різним частинам, кожна з якої має свої особливі скрипти чи додатки. Потім всі компоненти збираються до одного об'єкту з основними скриптами. І саме загальний об'єкт перетворюється на префаб і стає

					КРМ.КІ.1.884-03.1.16	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		53

керованою машиною. Можна побачити заготовлені префаби автомобілів на рисунку 3.3.

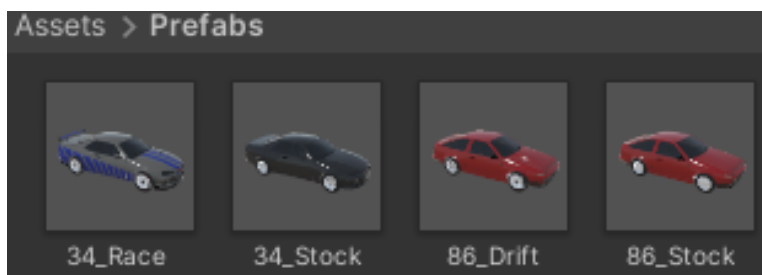


Рис. 3.3 – Зображення префабів автомобілів

Загальні префаби керованих автомобілів мають на собі наступні елементи:

1. *RigidBody* – фундаментальний компонент фізичної симуляції у *Unity*. Він забезпечує реалістичну поведінку об'єктів у тривимірному просторі. *Rigidbody* надає можливість об'єктам взаємодіяти з фізичним оточенням, реагувати на сили, гравітацію, зіткнення і цим надавати ігровим об'єктам відчутність і реалізм. Головними аспектами *Rigidbody* є його здатність моделювати масу, швидкість та зіткнення. У процесі роботи з цим компонентом я усвідомив його важливість при створенні руху об'єктів у відповідь на вплив зовнішніх сил. Наприклад, керування рухом персонажа, обробка зіткнень з оточенням чи іншими об'єктами – все це можливо завдяки механіці, наданій компонентом *Rigidbody*. Однак, слід зазначити, що потрібно уважно балансувати параметрів, таких як маса та коефіцієнт тертя, щоб досягти бажаного рівня реалізму та керованості автомобілів у грі [28]. Даний елемент можна побачити на рисунку 3.4.
2. *Car controller* – головний контроллер автомобілів який містить у собі скрипти поведінки автомобілів, які буде розглянуто далі.
3. *Car lights* – Даний скрипт відповідає за працю освітлення автомобілів, і може перемикає освітлення автомобіля. Окрім того він відповідає за вогні гальмів.

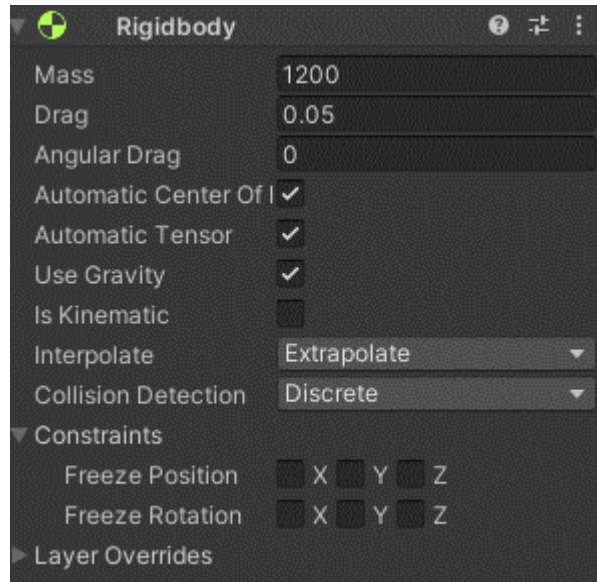


Рис. 3.4 – Зображення елемента *Rigidbody*

Префаби автомобілів мають у собі інші ігрові об'єкти які використовуються у головному скрипті, а саме:

- *View* – Візуальні компоненти автомобіля.
- *COM* – Об'єкт центру маси.
- *Wheels* – Об'єкти коліс.
- *CarSFX* – Об'єкт зі звуковими ефектами автомобіля.
- *CarVFX* – Об'єкт з візуальними ефектами автомобіля.
- *FirstPerson_CameraPos* – Об'єкт позиції камери від першого лиця.
- *EngineDamageableObject* – Об'єкт двигуну що отримує пошкодження.



Рис. 3.5 – Зображення об'єктів автівки

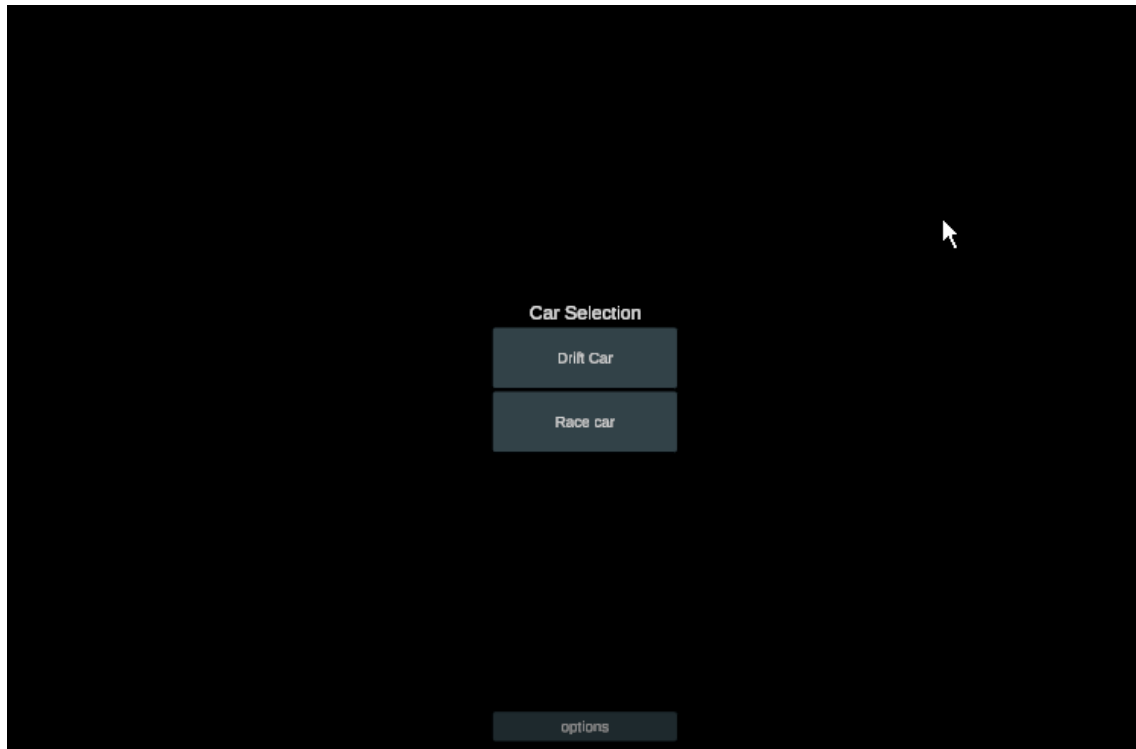


Рис. 3.7 – Зображення головного меню

3.3 Робота зі скриптами

3.3.1 Скрипти автомобіля

Для того щоб керувати автомобілем було створено основний скрипт *CarController* – Головний скрипт префабу автомобіля що з'єднує у собі усі основні елементи автомобіля і керує загальним процесом керування автомобілем і зображений на рисунку 3.8.

					<i>KPM.KI.1.884-03.1.16</i>	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

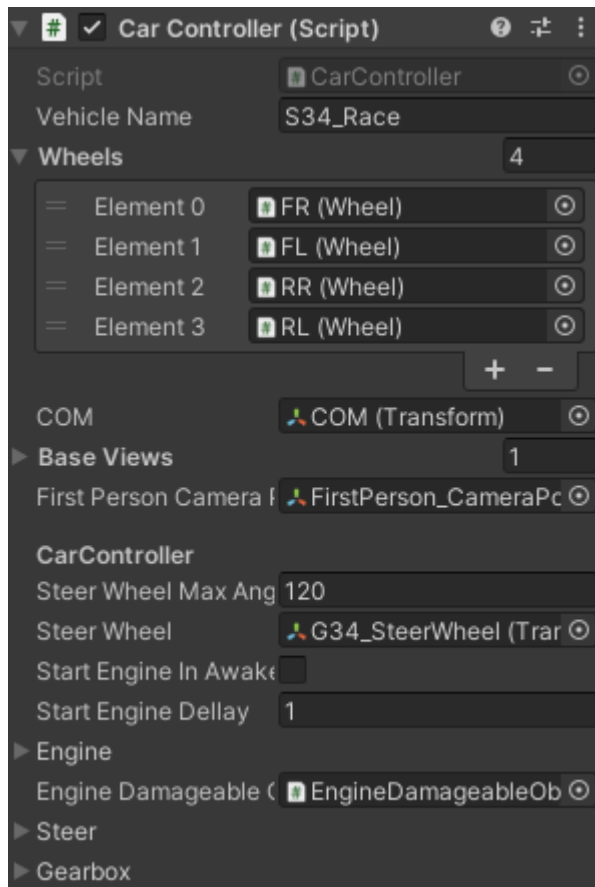


Рис. 3.8 – Зображення елементу *CarController*

Цей скрипт містить у собі наступні змінні:

- *Vehicle name* – назва автомобіля;
- *Wheels* – масив коліс;
- *COM* – центр маси;
- *Base views* – головний об'єкт на якому фокусується камера;
- *First person camera position* – позиція з якої буде показуватися вид від першого лиця;
- *Steer wheel max angle* – максимальний кут повороту коліс;
- *Steer wheel* – об'єкт керма;
- *Start engine in awake* – опція при якій автомобіль буде з заведеним двигуном при старті сцени;
- *Start engine delay* – час який потрібен автомобілю для його старту.
- *Engine* – набір опцій двигуна;
- *Engine damageable object* – об'єкт двигуна який буде отримувати пошкодження;

					<i>KPM.KI.1.884-03.1.16</i>	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- *Steer* – набір опцій керування;
- *Gearbox* – набір опцій трансмісії.

У даному скрипті маються великі категорії налаштування *Engine*, *Steer* та *Gearbox*. Які буде розглянуто детальніше далі.

Налаштування *Engine*:

- *Max power torque* – максимальний крутний момент;
- *Motor torque from rpm curve* – крутний момент потора по кривій;
- *Max rpm* – максимальні оберти двигуна;
- *Min rpm* – мінімальні оберти двигуна;
- *Rpm engine to rpm wheels fast* – швидкість зміни обертів відносно підвищення швидкості;
- *Rpm engine to rpm wheels slow* – швидкість зміни обертів відносно зниження швидкості;
- *Speed limit* – ліміт швидкості;
- *Cut off rpm* – оберти при яких будуть падати оберти;
- *Cut off time* – час під час якого падіння обертів;
- *Enable turbo* – перемикання турбо системи на автомобілі;
- *Turbo increase speed* – швидкість прискорення турбіни;
- *Turbo decrease speed* – швидкість падіння обертів турбіни;
- *Turbo additional torque* – крутний момент який буде доданий турбіно;
- *Enable boost* – перемикання нітро прискорення;
- *Boost amount* – кількість нітро;
- *Boost additional power* – потужність яку додає нітро;
- *Probablility backfire* – шанс вогню з вихлопу;
- *Rpm to next gear* – оберти двигуну для того щоб перемикнутися на наступну передачу;
- *Rpm to prev gear diff* – різниця обертів двигуну для того щоб перемикнутися на попередню передачу.

На рисунку 3.9 знаходиться розділ налаштувань скрипту двигуна, із заготовленими значеннями.

					<i>KPM.KI.1.884-03.1.16</i>	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

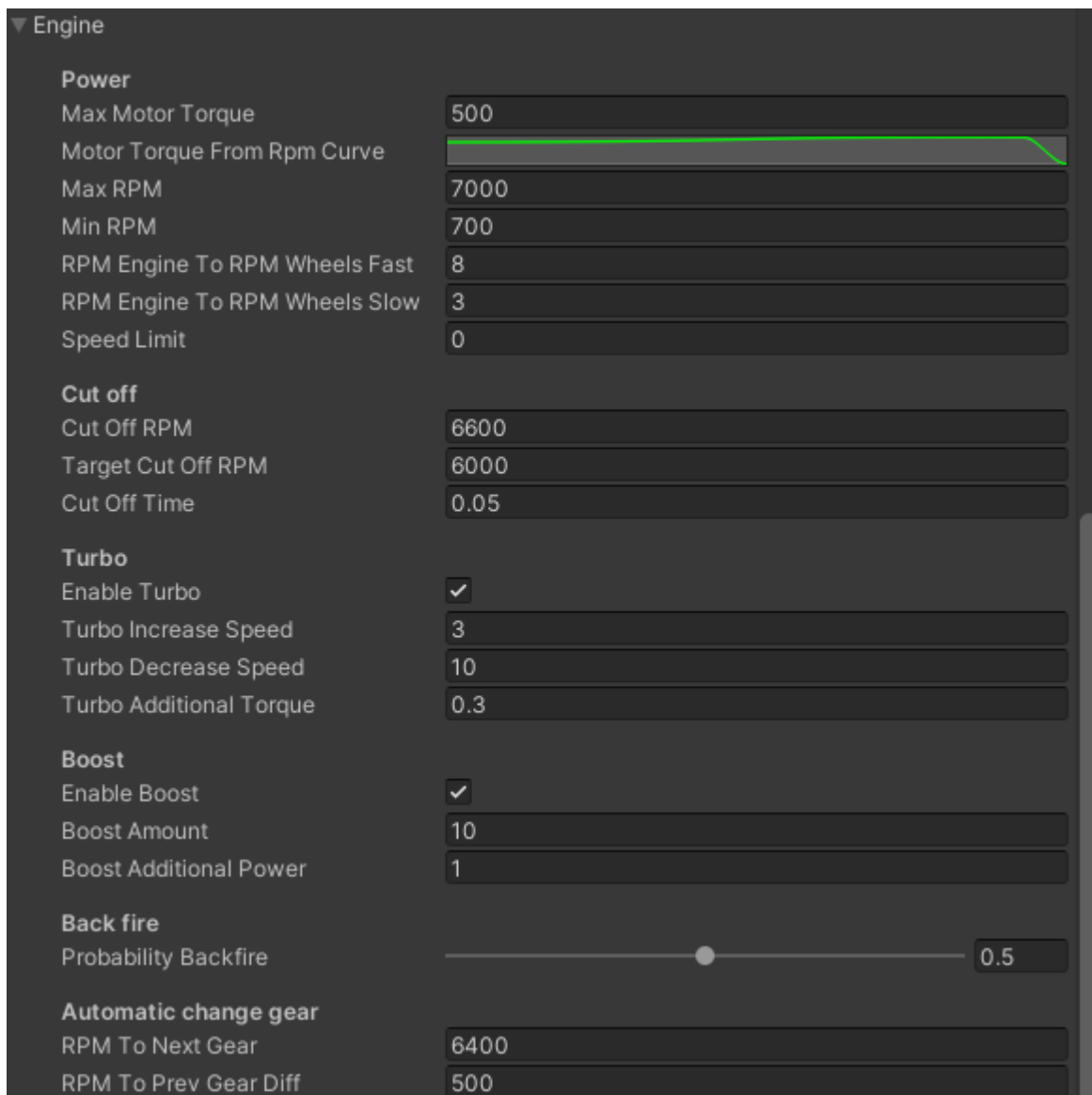


Рис. 3.9 – Зображення налаштувань *Engine*

Налаштування *Steer*:

- *Max steer angle* – Максимальний кут повороту автомобіля;
- *Enable steer limit* – Перемикач ліміту куту автомобіля;
- *Steer limit curve* – Крива ліміту куту повороту автомобіля;
- *Steer change speed to velocity* – Швидкість повороту колеса в напрямку швидкості автомобіля;
- *Steer change speed from velocity* – Швидкість повороту колеса від напрямку швидкості автомобіля;

- *Max velocity angle for help* – Максимальний градус кута нахилу автомобіля відносно швидкості, при якому буде надаватися допомога керуванню;
- *Min speed for help* – Мінімальна швидкість при якій буде надаватись допомога керуванням;
- *Help drift intensity* – Сила допомоги з дріфтом;
- *Hand brake angular help curve* – Крива допомоги при використанні ручного тормозу;
- *Drift resistance curve* – Крива супротиву дріфту;
- *Max speed for max angular help* – Максимальна швидкість для максимальної допомоги поворотання;
- *Drift limit angle* – Ліміт куту дріфту;
- *ABS* – Симтема допомоги гальмування;
- *TCS* – Система допомоги пробуксування.

На рисунку 3.10 відображено налаштування скрипту керуванням автомобілю. На рисунку зображено вже налаштований варіант скрипту.

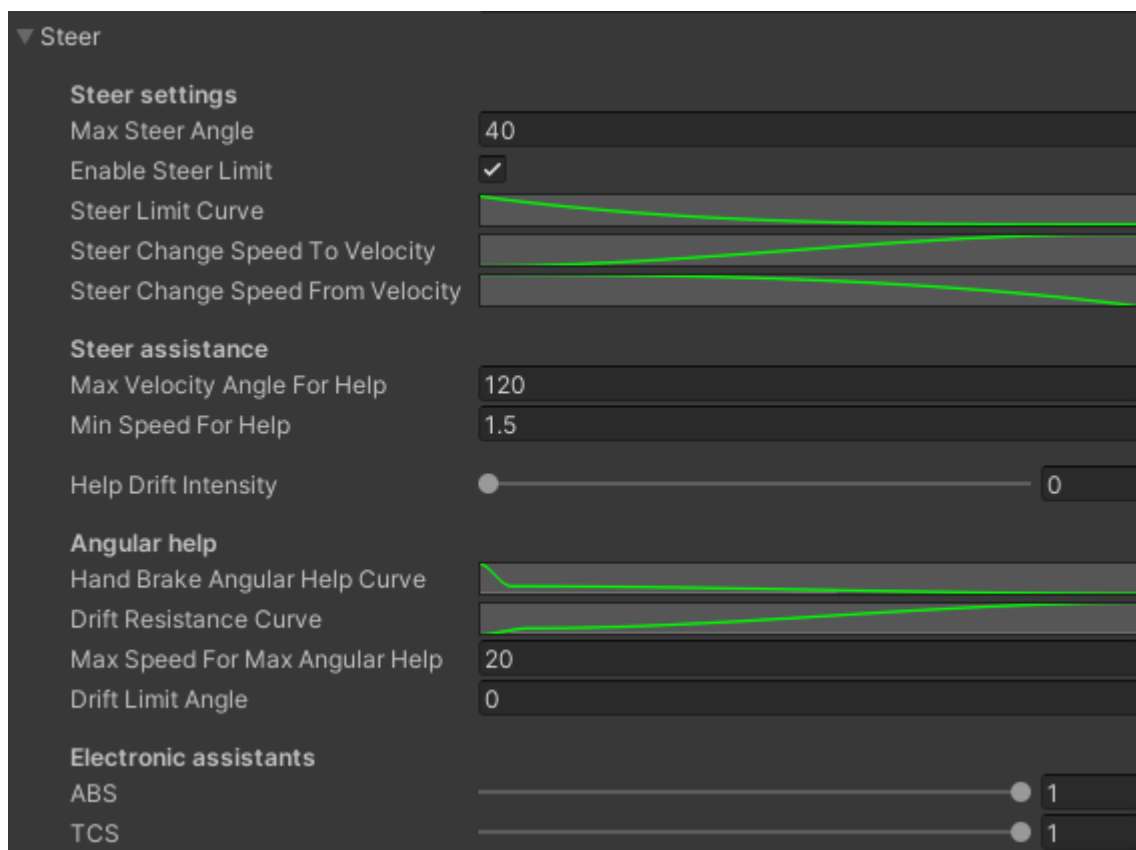


Рис. 3.10 – Зображення налаштувань *Steer*

на колеса. Усі ці методи викликаються скриптом *CarController* у методі *FixedUpdate*, код даної функції наведено нижче.

Лістинг 3.1. Код методу *FixedUpdate ()* який активує всі найважливіші методи автомобіля.

```
protected override void FixedUpdate ()
{base.FixedUpdate ();
  FixedUpdateEngine ();
  FixedUpdateTransmission ();
  FixedUpdateBrakeLogic ();
  FixedUpdateSteering ();
  if (SteerWheel != null)
    {SteerWheel.transform.localRotation =
Quaternion.AngleAxis(SteerWheelStartXAngle, Vector3.right);
SteerWheel.transform.localRotation *= Quaternion.AngleAxis
((CurrentSteerAngle / Steer.MaxSteerAngle) * SteerWheelMaxAngle,
Vector3.back);} }
```

Основна логіка двигуна прописана у функції *FixedUpdateEngine()* де вираховуються оберти двигуна і його крутний момент у залежності від натиснутих клавiш гравця, також вираховується звичайні постріли з вихлопної труби. Після чого вираховується потужність двигуна під час праці турбіни. І під кінець проходить розрахунок нітро прискорення. Код функції *FixedUpdateEngine()* наведено нижче у лістингу 3.2.

Лістинг 3.2. Код методу *FixedUpdateEngine()* для прорахування дій двигуна

```
void FixedUpdateEngine ()
{
  if (!EngineIsOn)
  {if (StartEngineCoroutine == null)
    {EngineRPM = 0;
      CurrentAcceleration = 0;
      CurrentBrake = 0;
      CurrentTurbo = 0;
      if (CarControl != null &&
CarControl.Acceleration > 0.5f)
        {StartEngine ();}}return;}
  if (CarControl == null || BlockControl)
  {CurrentAcceleration = 0;
    CurrentBrake = 0; }
  else if (!Gearbox.AutomaticGearBox||CurrentGear >= 0)
  {CurrentAcceleration = CarControl.Acceleration;
    CurrentBrake = CarControl.BrakeReverse; }
  else if (CurrentGear < 0)
  {CurrentAcceleration = CarControl.BrakeReverse;
    CurrentBrake = CarControl.Acceleration; }
```

										Арк.
										63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат						

```

        if (Steer.TCS > 0 && CurrentAcceleration > 0.1f)
        {float avgForwardFriction = 0;
         for (int i = 0; i < DriveWheels.Length; i++)
         {avgForwardFriction += DriveWheels[i].ForwardSlipNormalized;}
         avgForwardFriction /= DriveWheels.Length;
         TCSMultiplier = Mathf.InverseLerp (2f, 1.5f,
avgForwardFriction + Steer.TCS * 0.5f);}
        else
        {TCSMultiplier = 1; }
        CurrentAcceleration *= EngineHealth;
        if (InCutOff)
        {if (CutOffTimer > 0)
         {CutOffTimer -= Time.fixedDeltaTime;
          EngineRPM = Mathf.Lerp (EngineRPM,
Engine.TargetCutOffRPM, Engine.RPMEngineToRPMWheelsFast *
Time.fixedDeltaTime);
         }
         else
         {EngineRPM = Engine.TargetCutOffRPM;
          InCutOff = false; }}
        float avgRPM = 0;
        int enabledWheelsCount = 0;
        for (int i = 0; i < DriveWheels.Length; i++)
        {
         if (DriveWheels[i].enabled)
         {avgRPM += DriveWheels[i].RPM;
          enabledWheelsCount++;}}
        if (enabledWheelsCount > 0)
        {avgRPM /= enabledWheelsCount; }
        else
        {avgRPM = Engine.MinRPM; }
        EngineLoad = 0;
        if (!InCutOff)
        {if (!Gearbox.HasRGear && CurrentGear == -1)
         {TargetRPM = 0; }
         else
         {TargetRPM = (avgRPM * CurrentGear) <= 0 &&
!InHandBrake ? ((EngineRPM + 1000) * CurrentAcceleration) :
(avgRPM.Abs () * AllGearsRatio[CurrentGearIndex].Abs ());}
          TargetRPM = TargetRPM.Clamp (MinRPM, MaxRPM);
          var changeRPMSpeed = CurrentAcceleration.Abs() >
0.1f && TargetRPM > EngineRPM? Engine.RPMEngineToRPMWheelsFast:
Engine.RPMEngineToRPMWheelsSlow;
          EngineLoad = (TargetRPM - EngineRPM).Clamp (-300,
300) / 300 * CurrentAcceleration;
          EngineRPM = Mathf.Lerp (EngineRPM, TargetRPM,
changeRPMSpeed * Time.fixedDeltaTime); }
         if (EngineRPM >= Engine.CutOffRPM)
         {PlayBackfireWithProbability ();
          InCutOff = true;
          CutOffTimer = Engine.CutOffTime; }
         if (Engine.EnableTurbo)
         {float rpmToCutOffNormolize = (EngineRPM /
Engine.CutOffRPM).Clamp ();
          float targetTurbo = InChangeGear || CurrentAcceleration <
0.2f? 0: rpmToCutOffNormolize;
          CurrentTurbo = Mathf.Lerp (
CurrentTurbo,

```

						КРМ.КІ.1.884-03.1.16	Арк.
							64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			

```

        targetTurbo,
        (targetTurbo > CurrentTurbo ?
Engine.TurboIncreaseSpeed * rpmToCutOffNormolize :
Engine.TurboDecreaseSpeed) * Time.fixedDeltaTime);}
        InBoost = Engine.EnableBoost && CarControl != null &&
CarControl.Boost && BoostAmount > 0 && !BlockControl;
        if (InBoost)
        {BoostAmount = Mathf.Max (0, BoostAmount -
Time.deltaTime);}}

```

Логіка трансмісії прописана у скрипті *FixedUpdateTransmission()*. Скрипт трансмісії вираховує передачу потужності з двигуна на колеса. Скрипт трансмісії також вираховує логіку перемикування передач.

Лістинг 3.3. Код методу *FixedUpdateTransmission()* для прорахування дій трансмісії

```

void FixedUpdateTransmission ()
    {if (!Mathf.Approximately (CurrentAcceleration, 0) &&
(Gearbox.HasRGear || CurrentGear >= 0))
        {var motorTorque = CurrentAcceleration *
(CurrentMotorTorque * (MaxMotorTorque *
AllGearsRatio[CurrentGearIndex]));

        if (InChangeGear)
        {motorTorque = 0;}
        var targetWheelsRPM =
AllGearsRatio[CurrentGearIndex] == 0? 0: EngineRPM /
AllGearsRatio[CurrentGearIndex];
        var offset = (400 /
AllGearsRatio[CurrentGearIndex]).Abs ();
        for (int i = 0; i < DriveWheels.Length; i++)
        {var wheel = DriveWheels[i];
            var wheelTorque = motorTorque;
            if (targetWheelsRPM != 0 && Mathf.Sign
(targetWheelsRPM * wheel.RPM) > 0)
            {var multiplier = wheel.RPM.Abs () /
(targetWheelsRPM.Abs () + offset);
                if (multiplier >= 1f)
                {wheelTorque *= (1 - multiplier); }}
            wheel.SetMotorTorque (wheelTorque);}}
        else
        {for (int i = 0; i < DriveWheels.Length; i++)
            {DriveWheels[i].SetMotorTorque (0); }}
        if (InChangeGear)
        {ChangeGearTimer -= Time.fixedDeltaTime;}
        if (!InChangeGear && Gearbox.AutomaticGearBox)
        {bool forwardIsSlip = false;
            bool anyWheelIsGrounded = false;
            float avgSign = 0;
            for (int i = 0; i < DriveWheels.Length; i++)
            {
                forwardIsSlip |= DriveWheels[i].ForwardSlipNormalized >
0.9f;
            }
        }
    }

```

										Арк.
										65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	КРМ.КІ.1.884-03.1.16					

```

anyWheelIsGrounded |= DriveWheels[i].IsGrounded;
    avgSign += DriveWheels[i].RPM;}
    avgSign = Mathf.Sign (avgSign);
    if (anyWheelIsGrounded && !forwardIsSlip &&
EngineRPM > Engine.RPMToNextGear && CurrentGear >= 0 && CurrentGear
< (AllGearsRatio.Length - 2))
        {NextGear ();}
    else if (CurrentGear > 0 && (EngineRPM + 10 <= MinRPM
|| CurrentGear != 1) &&
        Engine.RPMToNextGear > EngineRPM /
AllGearsRatio[CurrentGearIndex] * AllGearsRatio[CurrentGearIndex -
1] + Engine.RPMToPrevGearDiff)
        {PrevGear ();}
    if (CurrentGear == 0 && CurrentBrake > 0)
        {CurrentGear = -1;}
    else if (CurrentGear == 0 && CurrentAcceleration > 0)
        {CurrentGear = 1;}
    else if ((avgSign > 0 && CurrentGear < 0 ||
VehicleDirection == 0) && Mathf.Approximately(CurrentAcceleration,
0)) {CurrentGear = 0;}}

```

Для того щоб керувати автомобілем використовується метод *FixedUpdateSteering()*. Даний метод дозволяє гравцю керувати автомобілем, і вираховує як дії гравця будуть впливати на автомобіль.

Лістинг 3.4. Код методу *FixedUpdateSteering()* для прорахування дій керування

```

void FixedUpdateSteering ()
    {var needHelp = VelocityAngle.Abs() > 0.001f &&
VelocityAngle.Abs() < Steer.MaxVelocityAngleForHelp && CurrentSpeed
> Steer.MinSpeedForHelp && CurrentGear > 0;
    float helpAngle = 0;
    var angularVelocity = RB.angularVelocity;
    if (needHelp)
        {for (int i = 0; i < SteeringWheels.Length; i++){
            if (Wheels[i].IsGrounded)
                {HelpAngularVelocity ();break;}}
            helpAngle = Mathf.Clamp (VelocityAngle *
Steer.HelpDriftIntensity, -Steer.MaxSteerAngle,
Steer.MaxSteerAngle); }
        else if (CurrentSpeed < Steer.MinSpeedForHelp &&
CurrentAcceleration > 0 && CurrentBrake > 0)
            {angularVelocity.y +=
Steer.HandBrakeAngularHelpCurve.Evaluate (angularVelocity.y.Abs()) *
HorizontalControl * 5 * Time.fixedDeltaTime;
            RB.angularVelocity = angularVelocity; }
        float helpWhenChangeAngle = VehicleDirection == 1?
(VelocityAngle - PrevVelocityAngle) * (Steer.MaxSteerAngle / 90): 0;
        var steerMultiplier = Steer.EnableSteerLimit &&
VehicleDirection > 0? Steer.SteerLimitCurve.Evaluate (CurrentSpeed):
1;

```

						Арк.
					КРМ.КІ.1.884-03.1.16	66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

```

        float    targetSteerAngle    =    HorizontalControl    *
Steer.MaxSteerAngle * steerMultiplier;
        var    targetAngle    =    Mathf.Clamp    (helpAngle    +
targetSteerAngle, -Steer.MaxSteerAngle, Steer.MaxSteerAngle);
        float    steerAngleChangeSpeed;
        float    currentAngleDiff    =    (VelocityAngle    -
CurrentSteerAngle).Abs();
        if (!needHelp || PrevSteerAngle > CurrentSteerAngle &&
CurrentSteerAngle > VelocityAngle || PrevSteerAngle <
CurrentSteerAngle && CurrentSteerAngle <
VelocityAngle){steerAngleChangeSpeed    =
Steer.SteerChangeSpeedToVelocity.Evaluate (currentAngleDiff); }
        else{steerAngleChangeSpeed    =
Steer.SteerChangeSpeedFromVelocity.Evaluate (currentAngleDiff); }
        PrevSteerAngle = CurrentSteerAngle;
        CurrentSteerAngle    =    Mathf.MoveTowards
(CurrentSteerAngle,    targetAngle,    steerAngleChangeSpeed    *
steerMultiplier * Time.fixedDeltaTime);
        CurrentSteerAngle    =    (CurrentSteerAngle    +
helpWhenChangeAngle).Clamp    (-Steer.MaxSteerAngle,
Steer.MaxSteerAngle);
        for (int i = 0; i < SteeringWheels.Length; i++)
        {SteeringWheels[i].SetSteerAngle (CurrentSteerAngle);} }

```

Для того щоб не втрачати керування автомобілем водію потрібно гальмувати та слідкувати за швидкістю. Для цього зроблена система гальмів що оброблює головні функції у *FixedUpdateBrakes()*.

Лістинг 3.5. Код методу *FixedUpdateBrakes()* для прорахування дій гальмів

```

void FixedUpdateBrakeLogic ()
    {ABSIsActive = false;
    if (InHandBrake)
        {for (int i = 0; i < Wheels.Length; i++)
        {Wheels[i].SetHandBrake (true);} }
    else if (CurrentAcceleration > 0 && CurrentBrake > 0 &&
CurrentSpeed < 5)
        {for (int i = 0; i < Wheels.Length; i++)
{Wheels[i].SetBrakeTorque (Wheels[i].DriveWheel ? 0 : CurrentBrake); }}
    else
        {if (Steer.ABS > 0 && CurrentBrake > 0)
        {float maxSlipForEnableAbs = 2.8f - Steer.ABS * 1.2f;
for (int i = 0; i < Wheels.Length; i++)
        {if (Wheels[i].ForwardSlipNormalized >
maxSlipForEnableAbs){ Wheels[i].SetBrakeTorque (0);
ABSIsActive |= true; }
Else {Wheels[i].SetBrakeTorque (CurrentBrake);}}}}else
        {for (int i = 0; i < Wheels.Length; i++)
        {Wheels[i].SetBrakeTorque (CurrentBrake); }}}

```

										Арк.
										67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат						

3.3.2 Скрипти коліс

Кожне колесо автомобіля – це окремий об’єкт зі своїми скриптами *Wheel* та об’єктами *wheel collider*[30] котрі зображені на рисунку 3.12. Колеса об’єднані у групи та додані до головного об’єкта автомобіля після чого головний скрипт *CarController* використовує їх.

Скрипт колеса містить у собі наступні змінні:

- *Health* – ХП колеса;
- *MaxDamage* – максимальні пошкодження колеса;
- *SteerPercent* – процент повертання колеса при керуванні;
- *DriveWheel* – чи є це колесо головним;
- *MaxBrakeTorque* – максимальний крутний момент торможення;
- *HandBrake wheel* – чи буде на це колесо діяти ручне гальмо;
- *Wheel View* – візуальна модель колеса;
- *WheelHub* – центр колеса;
- *AntiRollBar* – потужність супротиву анти-ролл бару на це колесо;
- *AntiRollWheel* – колесо на яке буде класти супротив анти-ролл;
- *MaxSuspension wheel angle* – максимальний градус на яке може буде відхилино колесо;
- *Dependent Suspension* – чи є підвіска автомобіля на цьому колесі залежною.

					КРМ.КІ.1.884-03.1.16	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		68

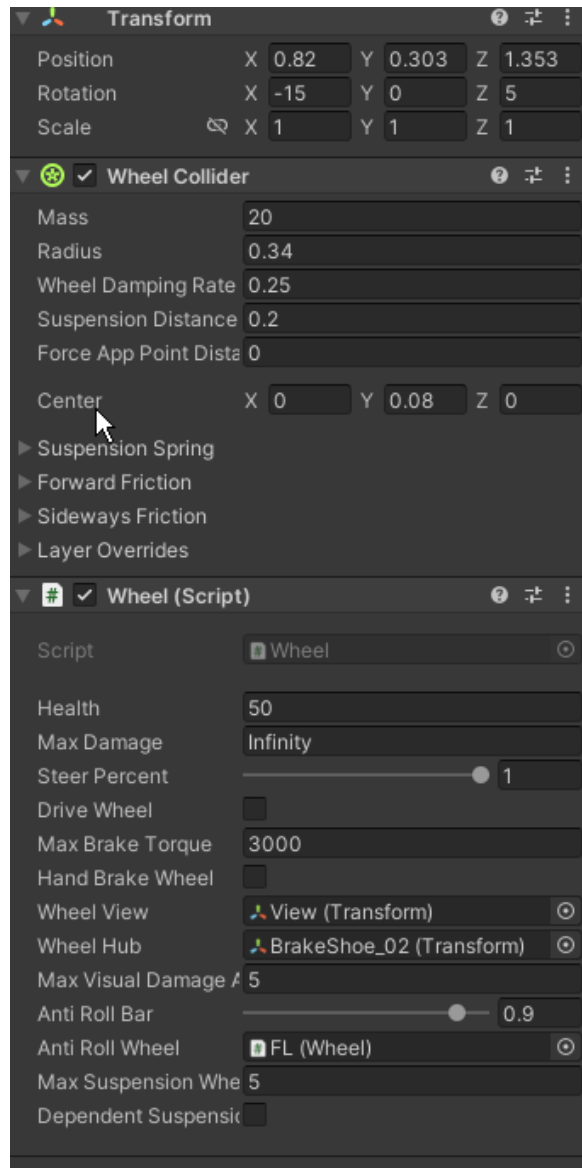


Рис. 3.12 – Зображення об'єкту колеса

Скрипт кожного колеса відповідає за прорахування взаємодії із поверхнею на якій у даний момент поно знаходиться, та взаємодіє з *CarController* реагуючи на керування гравцем, і вирішає стан та зчеплення шини. Основний метод скрипту це *FixedUpdate* який прораховує логіку контакту шини з поверхнею та взаємодію при поворотах.

Лістинг 3.6. Код методу *FixedUpdate* () для прорахування дій колес автомобіля.

```
public void FixedUpdate ()
    {float targetTemperature = 0;
      WheelCollider.GetWorldPose (out Position, out Rotation);
```

					<i>KPM.KI.1.884-03.1.16</i>	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

```

        LocalPosition = transform.InverseTransformPoint (Position);
        if (WheelCollider.GetGroundHit (out Hit))
            {CurrentForwardSlip = (CurrentForwardSlip + Mathf.Abs
(Hit.forwardSlip)) / 2;
                CurrentSidewaysSlip = (CurrentSidewaysSlip +
Mathf.Abs (Hit.sidewaysSlip)) / 2;
                HitPoint = Hit.point;
                ForwardSlipNormalized = CurrentForwardSlip /
WheelCollider.forwardFriction.extremumSlip;
                SidewaysSlipNormalized = CurrentSidewaysSlip /
WheelCollider.sidewaysFriction.extremumSlip;
                SlipNormalized = Mathf.Max(ForwardSlipNormalized,
SidewaysSlipNormalized);
                var groundEntity =
GroundDetection.GetGroundEntity(Hit.collider.gameObject);
                GroundConfig groundConfig = DefaultGroundConfig;
                if (groundEntity != null)
                    {groundConfig = groundEntity.GetGroundConfig (Hit.point); }
                targetTemperature = HasForwardSlip || HasSideSlip ? 1 : 0;
                CurrentGroundConfig = groundConfig;
                PrevSuspensionPos = SuspensionPos;
                SuspensionPos =
                    Mathf.InverseLerp
(WheelCollider.center.y - WheelCollider.suspensionDistance,
WheelCollider.center.y, LocalPosition.y);
                SuspensionPosDiff = SuspensionPos -
PrevSuspensionPos; }
            else
                {CurrentForwardSlip = 0;
                CurrentSidewaysSlip = 0;
                ForwardSlipNormalized = 0;
                SidewaysSlipNormalized = 0;
                SlipNormalized = 0;
                CurrentGroundConfig = DefaultGroundConfig;
                SuspensionPos = 0;
                SuspensionPosDiff = 0;
                PrevSuspensionPos = 0; }
                WheelTemperature = Mathf.MoveTowards (WheelTemperature,
targetTemperature, Time.fixedDeltaTime * TemperatureChangeSpeed);
                ApplyStiffness ();

```

					KPM.KI.1.884-03.1.16	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

```
ApplyBrake ();  
ApplyAntiRollForce ();}
```

Висновок до третього розділу

1. У третьому розділі було обрано інструменти для реалізації програмного забезпечення.
2. Представлено розробку візуальної складової гри.
3. Було створено моделі автомобілів, траси та навколишнього середовища.
4. Було створено та налаштовано фізичну модель керуванням автомобілями, також було проведено тестування ігрових механік.
5. У ході тестування не було виявлено помилок.

					<i>КРМ.КІ.1.884-03.1.16</i>	Арк.
						71
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		

РОЗДІЛ 4

ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ

4.1 Дослідження методів реалізації реалістичної фізики у іграх жанру «*Racing*»

Цей розділ присвячений оцінці науково-технічної ефективності (НТЕ) застосунку з використанням нейромережових технологій. Цей симулятор покликаний підвищити реалізацію алгоритмів, оптимізувати завдання водіння та загальну ефективність функціонування автомобілів. Як дані для навчання моделі були обрані характеристики автомобілів, чисельні параметри трас та стилів водіння.

Основними елементами проектування та реалізації алгоритмів стали математичні функції, що моделюють динаміку автомобілів на трасі. Для створення симулятора у жанрі «*Racing*» було ретельно проаналізовано основні труднощі, пов'язані з гоночною динамікою, проведено огляд існуючих аналогів у світі гоночних симуляторів, обрано засоби реалізації, а також проведено обґрунтування вибору технологічних рішень.

У роботі були вивчені різні моделі та методи проектування гоночних симуляторів, а також технології, спрямовані на покращення реалізації та ефективності використання гоночних алгоритмів. В результаті було створено програмний продукт гоночного симулятора, здатного оптимізувати виконання алгоритмів, вирішувати конкретні завдання та забезпечувати ефективну роботу моделей автомобілів у симуляції. Прискорена обробка даних та покращена якість створення гоночних моделей стали ключовими досягненнями цього проекту. Для розробки використовувалося ігровий двигун *Unity* та середовище *Microsoft Visual Studio 2019*, а як основну мову програмування було обрано *C#*.

Потрібно розглянути різні види ефектів, а саме:

- маркетингова;
- наукова-технічна;

					КРМ.КІ.1.884-03.1.16	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- соціальна;
- економічна;
- екологічна.

Хід проведення оцінки

Здійснимо оцінку ключових економічних показників для програмного продукту. Для цього почнемо з визначення порівняльних показників. Даний застосунок буде порівнюватись з аналогічними системами [31].

Зібравши необхідну про них інформацію, можливо заповнити таблицю для подальшого аналізу. Через відсутність коротких назв вирішено використовувати номери їх слідування.

Для оцінки науково-технічної ефективності (НТЕ) аналогічних систем були обрані такі характеристики як швидкість роботи, точність обробки інформації

Нижче представлена додаткова інформація про продукти-аналоги які використовувались в наукових дослідженнях в даній галузі.

iRacing – представляє унікальне поєднання передових технологій і пристрасної спільноти гонщиків. Платформа пропонує неперевершений досвід симуляції, відтворюючи реальну фізику водіння, керування автомобіля та динаміку траси з дивовижною точністю, величезний вибір ретельно змодельованих автомобілів і трас з інноваційною системою підбору гравців за навичками гри і її роллю у розвитку конкурентоспроможної спільноти онлайн-гонщиків, яка водночас співпрацює.

Forza Motorsport – відомоа франшиз гоночних симуляторів, яка зайняла собі нішу в ігровій індустрії. *Forza Motorsport* поєднує в собі найсучаснішу графіку, широкий вибір ретельно змодельованих автомобілів і ретельно створених трас, щоб забезпечити захоплюючі враження від гонок. Крім того, *Forza Motorsport* зробила немалий внесок у популяризацію симуляційних перегонів та його вплив на ширшу культуру автоспорту.

Drive Club – гоночною серією, розробленою студією Evolution Studios та виданою компанією *Sony Computer Entertainment*. Ця серія відома своїм акцентом

					<i>KPM.KI.1.884-03.1.16</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		73

на соціальний аспект гри, деталізованою графікою та реалістичною моделлю керування автомобілями.

Assetto Corsa – гра визнана однією з найбільш реалістичних гоночних симуляторів, що розробляється компанією *Kunos Simulazioni*. Ця серія надає гравцям можливість відчувати справжні екстремальні відчуття гонок, пропонуючи реалістичну фізику, докладні моделі автомобілів та трас, а також широкі можливості налаштування автомобілів.

DiRT Rally – це серія комп'ютерних ігор, розроблених студією *Codemasters*, що спеціалізується на гоночних симуляторах. Головна особливість цієї серії полягає в її фокусі на ралійних змаганнях та реалістичному досвіді водіння. Гра пропонує гравцям випробувати свої навички та вміння в складних умовах, включаючи різні типи доріг, погодні умови та поверхні.

Grand Turismo - це серія комп'ютерних ігор, що розробляється студією *Slightly Mad Studios*. Ця серія відома своїм фокусом на реалістичному гоночному досвіді та великим асортиментом доступних автомобілів та трас.

Візьмем для порівняння аналоги *Drive Club*, *Assetto Corsa*, *DiRT Rally*.

Таблиця 5.1

Порівняльні показники для виконання оцінки НТЕ

ПОКАЗНИКИ	Варіанти технології			
	Поточний проект	<i>Drive Club</i>	<i>Assetto Corsa</i>	<i>DiRT Rally</i>
Рівень новизни	Середній	Низький	Середній	Середній
Якість продукції	Середній	Низький	Висока	Середня
Складність фізики	Середній	Середній	Висока	Висока
Різноманітність автопарку	Низький	Низький	Висока	Середній
Трудомісткість виробництва, людино-годин	611 (77 днів по 8 год)	приблизно 2100	приблизно 3540	приблизно 3760

Переваги поточного проекту перед аналогами:

					<i>KPM.KI.1.884-03.1.16</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		74

1. Трудомісткість виробництва даного проекту менша, що означає що на продукт буде витрачено менше коштів через що його окупність зростає;
2. Невибагливість до системних потреб, таких як комп'ютер користувача та його програмне забезпечення. Даний продукт можна використовувати на слабких робочих машинах, на відміну від програм аналогів;
3. Головною перевагою перед аналогами є деталізована та реалістична фізика гри яка використовується в даній програмі. Аналоги не в змозі її використовувати через її складність для пересічного гравця, який тяжіє до більшої аркадності. Цей же продукт розроблений для спеціалізованої роботи в умовах реальної фізики.

Маркетинговий ефект розробленого проекту можна оцінити. Однією з найважливіших переваг даного програмного продукту є його високий рівень новизни та потреба подібного продукту на ринку галузі.

Трудомісткість виробництва поточного продукту становить 611 людино-годин, що є доволі невеликим значенням для розробки робочих проектів.

Поточний проект позиціонується як економічно ефективне рішення, що пропонує значні переваги, такі як зручність, економічність і доступність.

Експертні оцінки будуть виставлені за наступною шкалою, яка відображена у таблиці 5.2.

					<i>KPM.KI.1.884-03.1.16</i>	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Шкала експертних оцінок для виміру рівня науково-технічної
ефективності проектів

№	Групи показників	Характеристика показників	Інтервал рейтингового очисла	Коефіцієнт значущості показників
1	Науково- технічний рівень	Перевищує кращі світові аналоги	10	0,35
		Відповідає світовому рівню	7 – 9	
		Нижче кращих світових аналогів	5 – 6	
		Перевищує кращі вітчизняні аналоги	3 – 4	
		Відповідає вітчизняному рівню	1 – 2	
		Нижче вітчизняного рівня	0	
2	Перспективність	Першочергова значущість	8 – 10	0,35
		Значущий	5 – 7	
		Корисний	1 – 4	
3	Потенційний масштаб практичного використання	Світовий ринок	10	0,20
		Галузі національної економіки	7 – 9	
		Галузь (регіон)	3 – 6	
		Окремі підприємства (об'єднання)	1 – 2	
4	Ступінь вірогідності досягнення позитивних результатів	Великий	10	0,10
		Середній	5 – 9	
		Малий	1 – 4	

Ось ключові фактори, що свідчать про соціальну та екологічну ефективність розробленого застосунку.

Соціальна ефективність:

1. Розвиток спільноти гравців: Реалізація реалістичної фізики у жанрі «*Racing*» створює унікальне соціальне середовище для гравців. Можливість обміну досвідом, взаємодії та конкуренції сприяє формуванню активної та спільної геймінг-спільноти.
2. Безпека та етика в грі: Важливий аспект соціальної ефективності - забезпечення безпеки та високих стандартів етики в грі. Це допомагає уникнути конфліктів та створює позитивне враження від гри для гравців.
3. Активність та здоров'я: Застосунок може містити елементи, які стимулюють гравців до фізичної активності. Наприклад, включення режимів, що сприяють руху чи фізичній активності, що додає ігровий елемент заботи про здоров'я.

Екологічна ефективність:

1. Оптимізація графіки та ресурсів: Заходи до оптимізації графіки та використання ресурсів гри можуть значно знизити вплив на навколишнє середовище та сприяти збереженню енергоресурсів.
2. Збереження енергії: Введення можливостей енергозбереження в грі дозволяє гравцям зменшити використання енергії та впливати на споживання ресурсів.
3. Екологічна освіта: Ваша гра може містити елементи, що підвищують усвідомленість гравців про екологічні питання. Наприклад, віртуальні завдання, які заохочують до збереження ресурсів чи використання «екологічної» техніки в грі.

Для визначення рівня науково-технічної ефективності НДДКР було використано наведені дані з прикладу у таблиці 5.3. Зараз буде проведена експертна оцінка та розрахунок інтегрального показника НТЕ.

					<i>KPM.KI.1.884-03.1.16</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		77

Експертна оцінка і розрахунок величини інтегрального показника НТЕ

№	Групи показників	Рейтинг експертів			Середня за експертними оцінками	НТЕ
		1	2	3		
1	Науково-технічний рівень	7	6	6	6	2,1 (6 x 0,35)
2	Перспективність	9	5	7	7	2,45 (7x 0,35)
3	Потенційний масштаб практичного використання	9	6	6	7	1,4 (7 x 0,2)
4	Ступінь вірогідності досягнення позитивних результатів	6	4	5	5	0,5 (5 x 0,1)
Всього:						6,45

Отже, оцінка науково-технічної ефективності (НТЕ) складає:

$$2,1 + 2,45 + 1,4 + 0,5 = 6,45. \quad (4.1)$$

Максимальне можливе значення для інтегрального показника НТЕ дорівнює:

$$10 \cdot 0,35 + 10 \cdot 0,35 + 10 \cdot 0,2 + 10 \cdot 0,1 = 3,5 + 3,5 + 2 + 1 = 10. \quad (4.2)$$

Тобто інтегральний коефіцієнт оцінки НТЕ (КНТЕ) для проекту обчислюється наступним чином:

$$\text{КНТЕ} = (\text{НТЕ} / 10) * 100\% \quad (4.3)$$

$$\text{КНТЕ} = (8,83 / 10) * 100\% = 64,5\% \quad (4.4)$$

Таким чином, КНТЕ проекту дорівнює 64,5%, що відповідає «достатній» рівню НТЕ за даними критеріями:

цілком достатній 5,0 – 6,0;

					КРМ.КІ.1.884-03.1.16	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		78

достатній 6,1 – 8,0;

достатньо високий 8,1 – 9,0;

високий 9,1 – 10.

На основі проведених оцінок, можна стверджувати, що рівень науково-технічної ефективності (НТЕ) проекту є достатнім. КНТЕ проекту дорівнює 64,5%, що відповідає «достатньому» рівню НТЕ. Це підтверджує, що проект використовує сучасні технології, має високу якість та новизну порівняно з найближчими аналогами.

Економічний ефект проекту проявляється у відносно низькій трудомісткості виробництва (611 людино-годин) та ефективному використанні ресурсів комп'ютера.

Соціальна ефективність: Відтворення реалістичної фізики в іграх жанру «*Racing*» стимулює взаємодію та співпрацю гравців, формуючи живу спільноту. Гравці можуть обмінюватися досвідом, взаємодіяти та конкурувати, створюючи позитивне соціальне середовище.

Екологічна ефективність: Оптимізований застосунок з обліком графіки та ресурсів включає можливості енергозбереження, сприяючи зменшенню впливу на довкілля. Це не лише оптимізує використання ресурсів, але й підвищує екологічну свідомість гравців.

Таким чином, на основі оцінки науково-технічної, економічної, соціальної та екологічної ефективності, можна сказати, що розроблений застосунок має певний потенціал для успішного впровадження.

4.2 Бізнес план впровадження програмного застосунку на відеоігровий ринок

Назва продукту: *RacingPhysicsPro*

Огляд продукту

RacingPhysicsPro – це програмний продукт, призначений для ігор жанру «*Racing*» на персональних комп'ютерах та мобільних пристроях. Використовуючи передові технології фізичного моделювання, цей продукт

					КРМ.КІ.1.884-03.1.16	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

дозволяє створювати реалістичну фізику руху автомобілів у віртуальному середовищі гонок. *RacingPhysicsPro* розроблений для геймерів та розробників ігор з метою покращення реалізму та геймплейного досвіду в гонках.

Основні функції:

1. Реалістична фізика руху: *RacingPhysicsPro* використовує передові алгоритми фізичного моделювання для точного відтворення руху автомобілів в різних умовах дороги та погодних умовах.
2. Природне керування автомобілем: Програма дозволяє відчувати вплив різних параметрів на керування автомобілем, що забезпечує більш реалістичні відчуття гравця.
3. Симуляція аеродинаміки: *RacingPhysicsPro* враховує вплив аеродинаміки на рух автомобіля, що робить гонки більш динамічними та реалістичними.

Переваги продукту:

1. Висока реалістичність: Забезпечення високого рівня реалістичності руху автомобілів, що підвищує іммерсивність геймплею.
2. Покращення геймплейного досвіду: *RacingPhysicsPro* дозволяє гравцям відчувати реальні відчуття від керування автомобілем, що зроблює гонки більш захопливими.
3. Гнучкі налаштування: Відкриті налаштування фізичної моделі, що дозволяє розробникам ігор гнучко адаптувати продукт до конкретного геймплею.

Цільова аудиторія

Геймери, які цінують реалістичну фізику у гонках.

Розробники ігор у жанрі «*Racing*», які прагнуть покращити якість своїх проектів.

Аналіз ринку

Ринковий потенціал

Ринок гоночних симуляторів в Україні є високоперспективним для успішного впровадження нашого продукту. Зокрема, попит на високоякісні

					КРМ.КІ.1.884-03.1.16	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

інтерактивні гоночні враження зростає серед широкого кола гравців. Основні аспекти ринкового потенціалу для нашого продукту включають:

Реалістичність геймплею: Забезпечення високої реалістичності відтворення автомобільного спорту, що привертає шанувальників гоночних ігор.

Розвиток гейміфікації: Використання елементів гейміфікації для створення захопливого ігрового досвіду та залучення гравців.

Мультиплатформенність: Доступність гри на різних платформах, включаючи персональні комп'ютери та мобільні пристрої.

На ринку існують конкуренти, що надають подібні рішення, проте галузь гоночних симуляторів в Україні ще не досягла свого піка. Деякі з існуючих конкурентів включають:

Гоночні симулятори від великих геймдевелоперів: Ігри, розроблені великими компаніями з високим рівнем відтворення гоночних подій.

Малий ринок інді-геймів: Невеликі розробники, які фокусуються на інноваціях та нестандартних гоночних іграх. Розробка продукту

Технічні вимоги:

- Використання передових графічних технологій: Для створення вражаючого візуального відтворення автомобільних гонок.
- доступність на ПК та мобільних пристроях.
- реалістична фізика автомобілів: Створення відчуття реального керування автомобілем та динамічних гонок.

розробка та тестування:

- аналіз потреб ринку та визначення вимог;
- розробка графічного та фізичного ядра гри;
- створення віртуальних трас та автомобілів;
- тестування геймплею та виправлення помилок.

Цільова аудиторія: Геймери та шанувальники гоночних ігор в Україні.

Ціноутворення: Гнучка ціноутворення з урахуванням фінансового плану

Витрати:

Розробка програми:

					КРМ.КІ.1.884-03.1.16	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

1.1. Витрати на програмістів та інженерів для розробки програмного засобу.

1.2. Придбання ліцензій та ресурсів для розробки та тестування програми.

Маркетинг та реклама:

2.1. Рекламні кампанії в Інтернеті та на геймінгових подіях, співпраця з інфлюенсерами.

2.2. Заходи для підтримки інтересу користувачів (акції, знижки).

Персонал:

3.1. Зарплата команди, включаючи програмістів, маркетологів та підтримку клієнтів.

Інфраструктура:

4.1. Витрати на хостинг, обслуговування серверів та технічну підтримку.

Інші операційні витрати:

5.1. Оренда офісного приміщення, комунальні послуги, податки та інші витрати.

Доходи:

Прогнозується отримання доходу від продажу гри. Ціна гри буде визначена з урахуванням функціональності та рівня реалістичності.

План прибутку:

Бюджет: Розрахунок прибутку на основі прогнозу доходів та витрат, включаючи всі оперативні та розробницькі витрати.

Точки беззбитковості: Визначення точки беззбитковості для забезпечення стабільної фінансової рентабельності.

Впровадження та розвиток

Впровадження:

Стратегія впровадження: Проведення навчання та демонстрацій для гравців в південній Україні.

Підтримка користувачів: Створення служби підтримки користувачів.

Співпраця з аграрними об'єднаннями: Угоди та співпраця з об'єднаннями.

Розвиток:

					КРМ.КІ.1.884-03.1.16	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Розширення функціоналу: Постійний розвиток та додавання нових функцій.

Мультиплатформенність: Розширення доступності на інші платформи.

Інтеграція з іншими системами: Розробка *API* для інтеграції з іншими системами.

Ризики та управління

Потенційні ризики:

Технічні ризики: Можливі технічні неполадки, помилки у роботі нейромережі або проблеми з серверами.

Конкурентний тиск: Зміцнення конкуренції на ринку аграрних технологій.

Залежність від зовнішніх факторів: Погодні умови та кліматичні зміни можуть вплинути.

Висновки до четвертого розділу

1. Було проведено економічні розрахунки програмного забезпечення та визначено що розробка даного проекту є вигідною і має швидку окупність.

					<i>КРМ.КІ.1.884-03.1.16</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		83

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ

Темою даної роботи є розробка комп'ютерної симулятор жанру «*Racing*». В результаті розробки отримали програмний засіб, завдяки якому користувач може весело провести час. Тому в даному розділі розглянемо охорону праці для користувачів різних програм та розробників програмних продуктів на персональних комп'ютерах.

5.1 Шкідливі та небезпечні фактори для користувача

При роботі з ПК працюючого можуть діяти наступні небезпечні і шкідливі чинники:

- відсутність або недостатність природного світла;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень статистичної електрики при неправильно запроектованій робочій зоні;
- випромінювання від екрану;
- забруднення повітря шкідливими речовинами і пилом;
- недостатня освітленість зони знаходження користувача;
- нерациональна організація ігрового місця;
- невідповідність ергономічних характеристики устаткування нормованим величинам;
- знижена контрастність;
- нервово-психічні навантаження;
- розумове перенапруження, яке обумовлене характером задач, що вирішуються при грі;
- тривале перебування в одному положенні, виконання одних і тих самих рухів;
- швидка зміна кольорів що може привести до приступів у епілептиків.

					<i>KPM.KI.1.884-03.1.16</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		84

Також треба детальніше розглянути такі чинники:

- недостатня освітленість робочої зони приміщення, де встановлені екрани;
- вплив зниженої контрастності;
- підвищеної пульсації світлового потоку;
- вплив пилу на організм людини.

При контакті з екранами органи зору користувача витримують навантаження з постійним напруженим характером праці, що може призвести до зниження гостроти зору, зниження працездатності, швидке стомлення [32].

Причинами порушення функціонального стану зорового аналізатора є:

- строчність сприйманої інформації;
- постійна переадаптація органів зору в умовах наявності у полі зору об'єкту розрізнення і фону різної яскравості;
- велика різниця між яскравістю робочої поверхні і яскравістю навколишніх предметів;
- постійні миготіння яскравості;
- недостатня чіткість і контрастність зображення на екрані;
- нерівномірна і недостатня освітленість на ігровому місці.

Разом з перерахованими загальноприйнятими особливостями роботи користувача на робочому місці існують особливості сприйняття інформації з екрану.

Особливостями сприйняття інформації з екрану органами зору користувача є наступні:

- екран є джерелом світла, на який в процесі роботи безпосередньо звернені очі користувача, що вводить гравця в інший психофізіологічний стан;
- звернення уваги користувача до екрану є причиною тривалості нерухомості очних м'язів, що приводить до їх перенапруження і ослаблення;

					<i>KPM.KI.1.884-03.1.16</i>	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- тривалість роботи користувача з екраном створює дискомфортне сприйняття інформації;
- екран є джерелом падаючого світлового потоку на органи зору користувача, на відміну від звичної друкарської інформації, яка прочитується за рахунок відображеного світлового потоку;
- тривала і підвищена зосередженість органів зору призводить до великих навантажень, а отже, до стомлення органів зору, сприяє виникненню короткозорості, головного болю і роздратованості, нервової напруги і стресу;
- інформація на екрані періодично оновлюється і при низькій частоті відбувається мерехтіння зображення.

Розглянемо більш детально вплив пилу на організм людини [33]. За шкідливістю пил може бути одним з двох типів:

- інертний пил (сажа, цукровий пил та ін.);
- отруйний пил (пил свинцю, миш'яку та ін.);

На організм людини пил може чинити наступні дії:

- фіброгенну;
- дратівливу;
- токсичну.

Фіброгенні називається така дія пилу, при якому в легенях відбувається розростання сполучної тканини, яке призводить до порушення нормальної будови і функції органу [34].

Пил деяких речовин і матеріалів (скловолокно, слюда та ін) подразнює верхні дихальні шляхи, слизові оболонки очей, шкіру.

Токсична дія робить пил токсичних речовин (свинець, хром, берилій тощо), яка потрапляє в організм людини через легені.

					<i>КРМ.КІ.1.884-03.1.16</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		86

5.2 Методи зниження шкідливих та небезпечних факторів в проведенні часу за ПК

Для зниження навантаження на органи зору користувача при роботі з екраном необхідно дотримувати наступні умови зорової роботи [35].

- при проведенні часу за ПК користувач виконує роботу високої точності, при мінімальному розмірі об'єкту розрізнення 0,3-0,5 мм (товщина символу на екрані), розряду роботи III, підрозряду роботи Г (екран - фон світлий, символ - об'єкт розрізнення - темний або навпаки);
- природне бічне освітлення повинне складати 2%, комбіноване штучне освітлення - 400 лк, при загальному освітленні - 200 лк.

Штучне освітлення на робочому місці створює хорошу видимість інформації, машинописного і рукописного тексту [36].

У зв'язку з цим передбачаються заходи щодо обмеження прямого попадання сонячного проміння, а також виключення на робочих поверхнях яскравих і темних плям. Досягти цього можна за рахунок відповідних орієнтації віконних отворів і розміщення ігрових місць у приміщенні.

Площа віконних отворів повинна складати не менше 25% від площі приміщення. Рекомендується освітлення з використанням люмінесцентних ламп. Для проектування освітлення рекомендується використовувати люмінесцентні лампи а також лампи що встановлюються на столі.

Для уникнення світлових відблисків екрану в напрямку очей користувача, від світильників загального освітлення або сонячних променів, необхідно використовувати антиполюсківі сітки, спеціальні фільтри для екранів, захисні козирки, на вікнах – жалюзі. Для створення рівномірної освітленості робочих місць при загальному освітленні світильники з люмінесцентними лампами вбудовуються безпосередньо впродовж приміщення і розташовуються в рівномірно-прямокутному порядку. Бажано розташовувати світильники в безперервний суцільний ряд уздовж довгої сторони приміщення.

					<i>КРМ.КІ.1.884-03.1.16</i>	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

При роботі з текстовою інформацією (в режимі введення даних та редагування тексту, читання з екрану) найбільш фізіологічним правильним є зображення чорних знаків на світлому фоні.

5.3 Техніка безпеки для користувача екрану

Робочі місця мають бути розташовані на відстані не менше 1,5 м від стіни з вікнами, від інших стін на відстані 1 м.

Найкращу якість зображення забезпечують скляні поляризаційні фільтри. Вони усувають практично всі відблиски, роблять зображення чітким і контрастним.

Екран повинен бути розташований на робочому місці так, щоб поверхня екрана знаходилася в центрі поля зору на відстані 400-700 мм від очей користувача.

Раціональною робочою позою може вважатися таке положення, при якому ступені користувача при якому кут ліктьового суглоба коливається в межах 70-90°, зап'ястя зігнуті під кутом не більше ніж 20°, нахил голови 15-20°.

Для нейтралізації зарядів статичної електрики в приміщенні, де відбувається ігровий процес, рекомендується збільшувати вологість повітря за допомогою кімнатних зволожувачів. Не рекомендується носити одяг з синтетичних матеріалів.

5.3.1 Вимоги безпеки перед початком роботи

Вимоги безпеки перед початком роботи:

1. Увімкнути систему кондиціонування в приміщенні.
2. Перевірити надійність встановлення апаратури на робочому столі.

Повернути екран щоб було зручно дивитися на нього – під прямим кутом і трохи зверху вниз, при цьому екран має бути трохи нахиленим, нижній його край ближче до користувача;

1. Перевірити загальний стан апаратури.
2. Відрегулювати освітленість робочого місця.

					<i>KPM.KI.1.884-03.1.16</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		88

3. Відрегулювати та зафіксувати висоту крісла, зручний для користувача нахил його спинки.
4. Відрегулювати яскравість свічення екрану, мінімальний розмір світної точки, фокусування, контрастність. Не слід робити зображення надто яскравим, щоб не втомлювати очей.

Рекомендується:

- яскравість свічення екрану – не менше 100Кg/M2;
- відношення яскравості екрану до яскравості оточуючих його поверхонь в робочій зоні – не більше 3:1;

При виявленні будь-яких несправностей роботу не розпочинати, повідомити про це керівника.

5.3.2 Вимоги безпеки під час виконання роботи

Вимоги безпеки під час виконання роботи:

1. Необхідно стійко розташовувати клавіатуру на робочому столі, не опускати її хитання. Під час роботи на клавіатурі сидіти прямо, не напружуватися.
2. Не дозволяються сторонні розмови, подразнюючі шуми;
3. Не дозволяється використовувати рідинні або аерозольні засоби чищення поверхонь смартфона або планшета.
4. Забороняється.
5. Самостійно ремонтувати апаратуру. Ремонт апаратури здійснюється спеціалістами з технічного обслуговування смартфона або планшета,;
6. Закривати будь-чим вентиляційні отвори, що може призвести до перегрівання і виходу з ладу пристрою.

Для зняття статичної електрики рекомендується час від часу доторкатися до металевих поверхонь [37].

5.3.3 Вимоги безпеки після закінчення роботи

Вимоги безпеки після закінчення роботи:

					<i>KPM.KI.1.884-03.1.16</i>	Арк.
						89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

1. Накрити клавіатуру кришкою запобігання попаданню в неї пилу.
2. Прибрати робоче місце.
3. Ретельно вимити руки теплою водою з милом.
4. Вимкнути кондиціонер, освітлення і загальне електроживлення.

Для запобігання створенню значної напруженості та захисту від статистичної електрики у приміщеннях з комп'ютерами та іншою обчислювальною технікою використовують нейтралізатори та зволожувачі повітря[38]. Всі розетки повинні бути заземлені (занулені). Підлога повинна мати антистатичне покриття. Захист від статичної електрики повинен проводитись згідно з санітарно-гігієнічними нормами напруженості електричного поля, які є допустимими. Металеві неструмоведучі частини електрообладнання і електроустановок при порушенні ізоляції між ними і їхніми струмоведучими частинами можуть опинитися під напругою. У таких аварійних умовах дотик до неструмоведучих частин установок рівнозначний дотику до струмоведучих частин.

Усунення небезпеки ураження електричним струмом при такому переході напруги на неструмоведучі частини електроустановок здійснюється за допомогою захисного заземлення [39].

Висновки до п'ятого розділу

1. У п'ятому розділі було розглянуто шкідливі та небезпечні фактори роботи з ПК при розробці гри та вплив їх на організм людини. Також представлено методи зниження впливу шкідливих та небезпечних факторів при роботі з ПК і техніку безпеки з вимогами для користувачів.

					<i>КРМ.КІ.1.884-03.1.16</i>	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. У результаті аналізу предметної області було виявлено основні риси ігор жанру «*Racing*» з реалістичною фізикою. Показано процес еволюції жанру.
2. Проаналізовано існуючі методи реалізації реалістичної фізик.
3. Проаналізовано сучасні аналоги ігор жанру «*Racing*» з реалістичною фізикою. Виявлено їх переваги та недоліки.
4. Здійснено постановку задачі з зазначенням бажаного результату, що є необхідним для розробки проектної документації та демонстраційної версії гри.
5. У другому розділі було створено концептуальний документ гри, який потрібен для презентації інвесторам та видавцям гри.
6. Був створений дизайнерський документ гри, що описує гру, її особливості та ігрові механіки.
7. Було розглянуто та спроектовано підходи до реалізації фізичної моделі автомобілів у грі.
8. У третьому розділі було обрано інструменти для реалізації програмного забезпечення.
9. Представлено розробку візуальної складової гри.
10. Було створено моделі автомобілів, траси та навколишнього середовища.
11. Було створено та налаштовано фізичну модель керування автомобілями, також було проведено тестування ігрових механік.
12. У ході тестування не було виявлено помилок.
13. Було проведено економічні розрахунки програмного забезпечення та визначено що розробка даного проекту є вигідною і має швидку окупність.
14. У п'ятому розділі було розглянуто шкідливі та небезпечні фактори роботи з ПК при розробці гри та вплив їх на організм людини. Також представлено методи зниження впливу шкідливих та небезпечних факторів при роботі з ПК і техніку безпеки з вимогами для користувачів.

					КРМ.КІ.1.884-03.1.16	Арк.
						91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. *Racing game* – URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Racing_game (дата звернення 31.01.2023).
2. *Sim racing* – URL.: https://en.wikipedia.org/wiki/Sim_racing (дата звернення 31.01.2023).
3. *IRacing* – URL.: <https://en.wikipedia.org/wiki/IRacing> (дата звернення 31.01.2023).
4. *Forza* – URL.: <https://en.wikipedia.org/wiki/Forza> (дата звернення 31.01.2023).
5. *DriveClub* – URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Driveclub> (дата звернення 31.01.2023).
6. *AssettoCorsa* – URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Assetto_Corsa (дата звернення 31.01.2023).
7. *DirtRally* – URL. – Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/DiRT_Rally (дата звернення 31.01.2023).
8. *ProjectCARS* – URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Project_CARS (дата звернення 31.01.2023).
9. *GranTurismo* – URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Gran_Turismo (дата звернення 31.01.2023).
10. Автомобільна шина – URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/> (дата звернення 31.01.2023).
11. Підвіска автомобіля – URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/> (дата звернення 31.01.2023).
12. Пружина – URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/> (дата звернення 31.01.2023).
13. Амортизатор – URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/>(дата звернення 31.01.2023).
14. Стабілізатор поперечної стійкості – URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/> (дата звернення 31.01.2023)

					КРМ.КІ.1.884-03.1.16	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		92

15. Сили діючі на автомобіль – URL: <https://www.auto.sumy.ua/autofirm/advance/1> (дата звернення 31.01.2023).
16. Лобовий опір – URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/> (дата звернення 31.01.2023).
17. Опір коченню – URL: <https://schwalbe.com.ua/tehnologii/1.html> (дата звернення 31.01.2023).
18. Дія гравітації на автомобіль – URL: <http://www.drivingbs.kiev.ua/ru/index.php?url=/Metod.posobie/> (дата звернення 31.01.2023).
19. Крутний момент – URL: <https://autoportal.ua/articles/encyclopaedia/36553.html> (дата звернення 31.01.2023).
20. Сила тертя коченню – URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/> (дата звернення 31.01.2023).
21. Прискорення – URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/> (дата звернення 31.01.2023).
22. Двигун 2jz – URL. – Режим доступу: <https://motorist.expert/seria-jz/54-dvigatel-toyota-2jz-ge.html> (дата звернення 31.01.2023).
23. Типи підвісок автомобілів – URL: <https://монолит.укр/structure-avto/tipy-podvesok-avtomobilja/> (дата звернення 31.01.2023).
24. Unity engine – URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Unity_\(game_engine\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Unity_(game_engine)) (дата звернення 31.01.2023).
25. Створення сцен – URL: <https://docs.unity3d.com/ru/530/Manual/CreatingScenes> (дата звернення 31.01.2023).
26. Вікна Unity – URL: <https://docs.unity3d.com/ru/530/Manual/GameView.html> (дата звернення 31.01.2023).
27. Префаби – URL. – Режим доступу: <https://docs.unity3d.com/ru/530/Manual/Prefabs> (дата звернення 31.01.2023).
28. Rigidbody – URL: <https://docs.unity3d.com/ScriptReference/Rigidbody.html> (дата звернення 31.01.2023).

					КРМ.КІ.1.884-03.1.16	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		93

29. *Canvas* – URL. – Режим доступу: <https://docs.unity3d.com/ru/2019.4/Manual/class-Canvas.html> (дата звернення 31.01.2023).
30. *Wheel Collider* – URL: <https://docs.unity3d.com/ru/2019.4/Manual/class-WheelCollider.html> (дата звернення 31.01.2023).
31. Економічна оцінка ключових показників діяльності - URL. – Режим доступу: <https://cyberleninka.en/article/n/ekonomicheskaya-otsenka-klyuchevykh-pokazateley-deyatelnosti-predpriyatiya> (дата звернення 31.01.2023).
32. Вплив монітору на зір – URL: <https://deveducation.com/blog/vliyanie-kompyutera-na-zrenie/> (дата звернення 31.01.2023).
33. Вплив пилу на здоров'я – URL: <https://polyclinica.net/ru/bolezni/vpliv-pilu-na-zdorova-ludini> (дата звернення 31.01.2023).
34. Вплив фіброгенного пилу на організм – URL: <https://cyberleninka.org/article/n/o-mehanizme-vozdeystviya-fibrogennoy-pyli-na-organizm> (дата звернення 31.01.2023).
35. Захист працівника під час роботи за комп'ютером – URL: <https://i.factor.ua/journals/nibu/2007/june/issue-46/article-47129.html> (дата звернення 31.01.2023).
36. Штучне освітлення під час роботи – URL: <http://norma.org.ua/knigi/2/2-6-6.php> (дата звернення 31.01.2023).
37. Охорона праці за комп'ютером – URL: http://norma.org.ua/document/regulations_ohrana_truda/otraslevie/toi_r/svjaz/84.php (дата звернення 31.01.2023).
38. Небезпека роботи за комп'ютером – URL: <https://www.ohrana-truda.in.ua/ru/rabota-za-pk-i-vred-zdorovju/> (дата звернення 31.01.2023).
39. Заземлення електричних дротів – URL: <https://amperok.com.ua/ru/zaschitnoe-zazemlenie-i-zanulenie/> (дата звернення 31.01.2023).

					КРМ.КІ.1.884-03.1.16	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		94