

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Факультет комп'ютерних наук, фізики та математики**  
**Кафедра інформатики, програмної інженерії та економічної кібернетики**

**Методи та технології створення мультимедійних 3D-об'єктів віртуальних  
лабораторних робіт**

**Кваліфікаційна робота**

на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

Виконав: студент 4 курсу 441 групи

Спеціальності: 121 Інженерія програмного  
забезпечення

Освітньо-професійної програми:

Інженерія програмного забезпечення

Петров Олександр Володимирович

Керівник: кандидат фізико-математичних  
наук, доцент

Кравцов Геннадій Михайлович

Рецензент: доктор педагогічних наук,  
професор Кузьменков Сергій Георгієвич

Херсон – 2021

## ЗМІСТ

ЗМІСТ .....	2
Перелік умовних позначень, символів, скорочень і термінів.....	4
ВСТУП .....	5
1 . ДОСЛІДЖЕННЯ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ.....	6
1.1 Актуальність .....	6
1.2 Основні поняття теорії моделювання.....	6
1.2.1 Постановка задачі моделювання.....	6
1.3 Види моделей.....	7
1.3.1 Моделі вербальні, формальні, алгоритмічні, графічні, фізичні.....	8
1.3.2 Моделі геометричні, структурні, функціональні, інформаційні ...	8
1.3.3 Моделі статичні, моделі динаміки .....	9
1.3.4 Моделі детерміновані, стохастичні, нечіткі, узагальнені.....	9
1.3.5 Моделі аналітичні, імітаційні.....	10
1.4 Характеристики моделей.....	11
1.4.1 Універсальність.....	11
1.4.2 Точність .....	12
1.4.3 Складність .....	12
1.4.4 Адекватність.....	13
1.4.5 Вірогідність .....	13
1.5 Висновок.....	14
2 . ВІРТУАЛЬНІ ЛАБОРАТОРІЇ.....	15
2.1 Призначення.....	15
2.2 Моделювання у віртуальних лабораторіях.....	15

2.3 Проекти університетів .....	16
2.3.1 Star(MIT).....	16
2.3.2 PhET .....	16
2.4 Висновки .....	17
3 ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ВІРТУАЛЬНИХ ЛАБОРАТОРІЙ ....	18
3.1 Що необхідно для створення.....	18
3.2 Ігрові рушії.....	19
3.2.1 Unreal Engine .....	19
3.2.2 Unity .....	20
3.2.3 Turbulenz.....	21
3.2.4 Порівняльна характеристика .....	23
3.3 Висновки.....	23
4 UNITY В СИСТЕМІ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ .....	24
4.1 Задачі тестового проекту .....	24
4.2 Архітектура тестового проекту.....	24
4.2.1 Загальний підхід до реалізації.....	25
4.2.2 Реалізація.....	26
4.3 Висновки .....	30
ВИСНОВКИ.....	31
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	32

## **ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

<b>ВЛ</b>	Віртуальна лабораторія
<b>МАТ</b>	Математичне
<b>КОМП</b>	Комп'ютерна
<b>СДН</b>	Система дистанційного навчання
<b>GE</b>	Game Engine (ігровий двигун)
<b>БД</b>	База даних

## ВСТУП

На сьогоднішній день, головним напрямком науково-технічного прогресу – розвиток методів та технологій інформаційного поля та обчислювальної техніки. Використання різноманітних методів мат. моделювання та комп'ютерне розв'язування інженерних та наукових задач дозволяє детальніше та точніше керувати проектом. Застосування персональних комп'ютерів, розвиток та розповсюдження інтернету привели до розширення баз комп'ютерної математики, як практичної так і теоретичної. Математичне комп'ютерне моделювання є основним засобом у дослідженні складних процесів і систем, на якому ґрунтуються сучасні підходи до проектування, оптимізації та управління як у науковій так і у технічній галузях.

Сучасні методи моделювання використовуються у різних сферах людської діяльності: технічній, соціально-економічній, громадській, міжнародних відносин, інфраструктури та інші. Це обумовлено необхідністю розширення та поглиблення знань розвитку сучасного динамічного світу, а саме інформацію про реальні об'єкти і процеси, ми не можемо отримати та опрацювати через малість або масштабність розміру, високих або понад низьких температур, а також не можемо провести деякі експерименти пов'язані зі значною тривалістю процесу, високою вартістю дослідження об'єкта-оригіналу, або відсутністю необхідного об'єкта-оригіналу, унікальністю дослідження, небезпекою дослідження та інших.

Віртуальна лабораторія – це віртуальна середа, яка дозволяє моделювати поведінку об'єктів реального світу в комп'ютерному середовищі і допомагає в оволодінні новими знаннями та вміннями. Така лабораторія – апаратом досліджень різних природних явищ з можливістю побудови їх математичних моделей. Застосування ВЛ дозволяє не тільки спостерігати, а й безпосередньо брати участь у певному експерименті, що дозволяє засвоїти знання на більш глибокому та свідомому рівні.

# 1. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

## 1.1. Актуальність

Впровадження різноманітних дистанційних технологій змушує людей шукати нові підходи до організації, створення та розвитку процесів моделювання. Розробка віртуальних лабораторій стала одним з перспективних напрямів у ІТ. Деякі з них надають можливість знайти ресурси, які можна використовувати у дистанційному навчанні різних галузей. Приклади таких програм LabView, Jmcad, Absorb Chemistry, OPNET IT Guru, 3D Human Anatomy, Crocodile Mathematics, ChemLab, Yenka Technology та багато інших. Ці програми охоплюють величезний спектр галузей реалізації, також вони є потужними засобами для проведення дослідів, аналізу даних, бізнес-аналізу, моделювання різноманітних процесів у різних сферах.

## 1.2. Основні поняття теорії моделювання

«Моделі» та «моделювання» – основні поняття в більшості галузях пов'язаних з інженерною та науковою діяльністю, в деяких теоретичних дисциплінах, через різноманітність напрямків розвитку останніх, під моделюванням розуміють суттєво різні теорії, засоби та методи.

### 1.2.1. Постановка задачі моделювання

Моделювання – це вивчення, опис та спосіб подання певного об'єкта. В системі керування об'єктами моделювання називають самі об'єкти, системи і процеси взаємодії з ними та їх ключовими частинами.

Моделювання – це відображення об'єкта на множину його описів. Наприклад, якщо об'єкту А і моделі В притаманні особливі набори характеристик  $A\{X\}$  і  $B\{Z\}$  то повинна існувати відповідність характеристик моделі і об'єкта  $x_i \leftrightarrow z_j$ , де  $i \in [1 \dots n]$ ,  $j \in [1 \dots m]$ . Модель свідомо будують

як спрощений опис об'єкта для полегшення сприйняття та його дослідження. Це обумовлено тим, що природні об'єкти характеризуються безліччю показників.

### 1.3. Види моделей

Залежно від задачі, моделі можуть дуже суттєво відрізнятися. Загальна схема видів моделей представлена на малюнку 1.

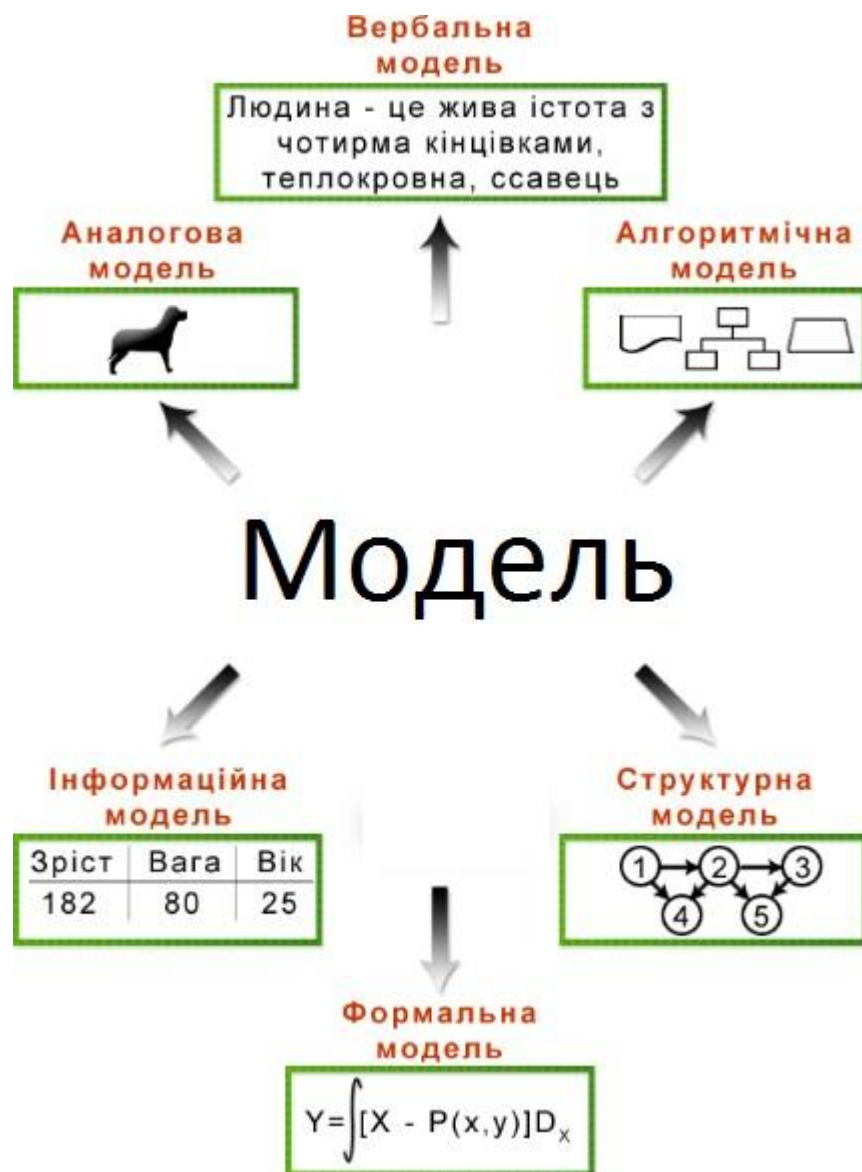


Рисунок 1 - Схема види моделей

#### 1.3.1. Моделі вербальні, формальні, алгоритмічні, графічні, фізичні

Залежно від варіацій опису об'єкта моделі поділяються на:

1. Вербальні моделі (verbal model), описують об'єкт словами;
2. Формальні моделі (formal model), описують об'єкта у вигляді математичних формул та математичних співвідношень;
3. Алгоритмічні моделі (algorithmic model), опис об'єкта у вигляді покрокового алгоритму;
4. Графічна модель (graphical model), візуалізація моделі у вигляді схем, таблиць, тощо. З розвитком комп'ютерної графіки графічні моделі можуть також бути 3D візуалізацією об'єкта.
5. Фізична модель (physical model) подає об'єкт у іншому вигляді, як масштабована модель оригіналу.
6. В аналогових моделях (analog model) фізична природа самого об'єкта та моделі різні, а їх математичні описи подібні, крім того, рівняння, які описують окремі елементи системи також подібні .

### **1.3.2. Моделі геометричні, інформаційні, функціональні, структурні**

В залежності від особливостей об'єктів, які демонструються моделі виділяють:

- функціональні моделі;
- інформаційні моделі;
- структурні моделі;
- геометричні моделі.

Функціональні моделі (functional model), допомагає описати внутрішні процеси, які відбуваються в моделі при виконанні, а також описують і сам об'єкт.

Геометричні моделі (geometric model), допомагають відобразити розташування, форми, різні деформації об'єкта та його складових частинок.

Інформаційна модель (information model), система даних, яка описує



внутрішній стан об'єкта, описує потоки даних в момент його функціонування.

Структурна модель (structural model) дозволяє розглянути нам модель у вигляді складових частин об'єкта та їх взаємодії між собою та навколишнім середовищем.

### **1.3.3. Моделі статички, моделі динаміки**

В залежності від наявності змін стану об'єкта у часі моделі поділяють:

- на моделі статички;
- на моделі динаміки.

Моделі статички (static model), показують стан та роботу об'єкта без урахування його змін з часом.

Моделі динаміки (dynamic model), стандартна модель, яка показує зміну об'єкта з часом.

### **1.3.4. Моделі детерміновані, стохастичні, нечіткі, узагальнені**

За ознаками, характером та особливостями невизначеності моделі поділяють:

- на узагальнені;
- на нечіткі;
- на стохастичні;
- детерміновані.

Узагальнені моделі (generalized model), модель характеризується тим, що частина об'єктів задана і ми знаємо їх параметри до початку моделювання процесів.

Нечіткі моделі (fuzzy model), використовуються лише тоді, коли деякі параметрами задані експертом.

Стохастичні моделі (stochastic model), розглядають модель при виливі

на неї випадкових параметрів.

Детерміновані моделі (deterministic model), модель не враховує випадкові та не передбачені параметри.

В залежності від способу представлення складного об'єкта (системи) моделі поділяють:

- на агрегатні;
- комплексні.

Агрегатна модель (aggregate model), це модель, яка базується на одній складній системі та порозділяє її на декілька більш простих функцій. Кожна функція/модель базується на чомусь 1 та взаємодіє з іншими частинами моделі у результаті чого ми отримуємо систему по типу мікро-сервісу в якому усі параметри розбиті на окремі під-системи.

Комплексна модель (complex model), подає модель як 1, цілісний об'єкт з яким ми взаємодіємо.

Перевага агрегатної моделі полягає у тому, що вона набагато простіша в отриманні та реалізації, а з окремими частинами моделі можна взаємодіяти я роботи налаштування під певну ситуацію.

### **1.3.5. Моделі аналітичні, імітаційні**

Залежно від варіацій отримання даних моделювання поділяють на такі мат. моделі:

- аналітичні;
- чисельні;
- імітаційні;

Аналітичне моделювання (analytical modeling), один з розповсюдженіший вид моделювання, з його допомогою ми знаходимо особливості(данні про об'єкт) на основі формальної або алгоритмічної моделі у результаті виконання математичних перетворень і дій з параметрами.

Чисельне моделювання – базується на пошуку елементів та його

характеристик на основі 2 моделей: формальної та алгоритмічної.

Імітаційне моделювання (simulation) – проведення на електронно-обчислювальній машині (далі – ЕОМ) різноманітних експериментів з математичними моделями, які описують поведінку систему на протязі певного періоду. Як правило, імітаційне моделювання, використовується в тих випадках, коли аналітичні способи дослідження моделі відсутні та їх пошук потребує великих витрат. Алгоритм цієї моделі може базуватися на детермінованості і стохастичності. Найчастіше використовують стохастичні методи імітаційного моделювання, так як для багатьох складних моделей відомі лише частині параметри. Оскільки імітаційне моделювання, по суті являє собою експеримент, особливе значення постає у застосуванні методів планування проведення експерименту. Можна виділити такі основні проблеми, які постають у зв'язку з цим:

1. Забезпечення стохастичної збіжності, вплив параметрів один на інший;
2. Оптимізація комбінацій факторів, які можуть чинити вплив на модель, без втрати якості;
3. Вибір плану експерименту, який найбільш підходить для даної моделі.

## **1.4. Характеристики моделей**

Правильне та ефективне використання моделей може бути лише за умови, що їх особливості відповідають певним утвердженням вимогам. Основні особливості, які характеризують модель: універсальність, точність, складність, адекватність, вірогідність.

### **1.4.1. Універсальність**

Ступінь універсальності математичної моделі можна визначити її застосуванням до аналізу чисельної групи однотипних об'єктів, до їх аналізу

в одному чи багатьох режимах функціонування.

Можна говорити, що прикладом найбільш універсальною моделлю є модель гравітаційної взаємодії – «Закон всесвітнього тяжіння» Ньютона. Меншу універсальність, наприклад, мають потокові моделі – «Закони Кірхгофа» – вони справедливі лише для лінійних систем. Більш вузьке застосування також мають моделі конкретних об'єктів – їх універсальність виявляється при розгляді об'єкта за різноманітних умов, а саме різних вхідних даних, впливів та інших. За результатами вище зазначеного, математичне моделювання та ідентифікації об'єктів і систем – є складним багато етапним проектом, який передбачає створення моделі, проведення розрахунків відповідно до моделі, опрацювання та застосування отриманих результатів. Також на кожному етапі виконання окрім формальних математичних методів, постає необхідність у досвідченому інженері-досліднику.

Також треба брати до уваги вплив точності й складності не тільки на перший етап, а й на остаточний результат застосування моделі. Тому, що висока точність моделі призводить до мінімальних похибок розрахунків при застосуванні моделі в задачах оптимізації, оцінювання тощо через велику складність. Тоді тільки спираючись на досвід дослідника, можливо з самого початку моделювання досягти цього компромісу.

### **1.4.2. Точність**

Точність математичної моделі (accuracy of mathematical model) є її властивість, яка відображає ступінь збігу передбачених з її допомогою значень характеристик об'єкта з дійсними значеннями зазначених характеристик. За дійсне значення цієї характеристики об'єкта зазвичай приймають експериментально одержані значення та/або достовірно відомі факти.

### **1.4.3. Складність**

Як зазначалося вище, будь-яка модель є спрощеним описом об'єкта.

Складність моделі являється комплексною характеристикою, яка багатьма сприймається інтуїтивно. Залежно від виду моделі розрізняють наступні видискладності:

1. Структурна складність – визначається кількістю елементів, зв'язків між ними, а також показником нерегулярності цих зв'язків.

2. Функціональна складність – встановлюється кількістю вхідних і вихідних даних, обчислювальною складністю моделі.

3. Найглибше вивчені методи визначення складності для алгоритмічних моделей – обчислювальна складність алгоритму – це поняття в інформатиці та теорії алгоритмів, позначає функцію залежності обсягу роботи, виконуваної деяким алгоритмом. При проведенні оцінювання складності алгоритмів враховують не тільки кількість вхідних і вихідних даних, а й кількість операцій, циклів та викликів зовнішніх функцій тощо.

#### **1.4.4. Адекватність**

Необхідною та достатньою умовою для переходу від дослідження об'єкта до дослідження моделі та подальшого застосування результатів на об'єкт дослідження – вимога адекватності моделі і об'єкта.

Адекватність (adequacy of mathematical model) – це правильне відтворення моделлю з необхідною та достатньою повнотою всіх властивостей об'єкта, важливих для цілей даного дослідження.

Будь-яка система чи підсистема може бути продана різними способами, які можуть значно відрізнятися один від одного за складністю та деталізацією. Зазвичай, в результаті дослідження з'являється декілька різних моделей одної і тої ж системи чи підсистеми та залежно від глибини аналізу більш прості моделі послідовно замінюються на все складніші.

#### **1.4.5. Вірогідність**

Вірогідністю характеризуються моделі, для яких не визначено метрику.

Вірогідність (reliability of mathematical model) – це ймовірність відсутності помилки при побудові моделі.

Ймовірність помилки розраховується на основі проведеного аналізу усіх можливих джерел помилок. Також необхідно брати до уваги, що в деяких задачах, локальна помилка може не привести до загальної помилки моделювання, так у задачах знаходження мінімальних або максимальних шляхів за допомогою структурних моделей у вигляді графів, якщо цей шлях не проходить через помилково визначене ребро.

## **1.5. Висновок**

У ході дослідження були розглянуті основні види моделей та їх особливості/характеристики. Для створення та використання мультимедійних 3D об'єктів для віртуальних лабораторій треба розуміння основ моделювання, методології та фізичних законів. Одним з найважливіших кроків – опис моделі на етапі проектування.

Оскільки моделювання – це складний та комплексний процес, для полегшення роботи та сприйняття інформації є потреба візуалізації деяких етапів, а інколи усіх процесів .

## **2. ВІРТУАЛЬНІ ЛАБОРАТОРІЇ**

Віртуальна лабораторія – це комплекс програмно-апаратних засобів, які мають структуровану документацію по використанню, це дозволяю проводити різноманітні дослідження на основі математичної моделі.

### **2.1. Призначення**

Віртуальні лабораторії знайшли широке використання у сфері навчання. Але їх використовують у технічних та наукових цілях, зокрема для підготовки фахівців на підприємствах.

Віртуальні лабораторні роботи активно використовуються не тільки у навчальних закладах, але також у навчальних центрах різних організацій. Такий метод значно підвищує ефективність навчального процесу, розвивають творчі здібності, а також допомагають вдосконаленню професійних навичок.

### **2.2. Моделювання у віртуальних лабораторіях**

Комп'ютерна імітаційна модель починається з розробки початкової ідеалізації представлення про об'єкт та створення на його основі першого варіанта моделі. Робота над моделлю дає можливість з'ясувати, якої інформації про об'єкт не вистачає, а яка інформація вимагає доповнення та уточнення. На основі проаналізованих даних в подальшому буде побудована програма наступних емпіричних досліджень об'єкта, результати якої допоможуть побудувати інший, більш детальний – уточнений варіант його моделі. У разі виникнення необхідності інтеграційні цикли (процеси) можуть повторюватися декілька разів. Наявності такої імітаційної моделі надає перевагу комп'ютерному моделюванню, яка діє як заміник природного експерименту над самим об'єктом та надає можливість використовувати його модельним експериментом, у якому модель імітує поведінку об'єкта при різних початкових даних, вихідних параметрах та обмеженнях.

Поведінкою та властивістю об'єктів моделювання, зазвичай, керують

скріпти, а обробка результатів взаємодії об'єктів відбувається на сервері і відсилається клієнту після обрахування та аналізу.

## **2.3. Проекти університетів**

Усі провідні університету світу використовують віртуальні лабораторії, деякі з них наймають окремих людей и створюють окремі підрозділи для роботи з віртуальними лабораторіями.

### **2.3.1. Star (MIT)**

STAR (Software Tools for Academics and Researchers) – програма Массачусетського технологічного інституту (MIT) США, яка застосовується для розробки ВЛ для проведення досліджень та навчання. Діяльність програми полягає в розробці навчальних і дослідницьких програм із загальної біології, біохімії, генетики, гідрології, в області розподілених обчислень та інших. Більшість додатків реалізовані в java або в html.

1. StarBiochem – 3D-визуалізатор молекул білків. Має гнучке і детальне налаштування.
2. StarGenetics – дозволяє моделювати процеси схрещування, вивчати закономірності успадкування моногенних ознак ( «Закони Менделя»).
3. StarORF – дозволяє навчитися ідентифікувати так звані відкриті рамки зчитування (англійська аббревіатура – ORF – Open Reading Frame) - одиниці в складі ланцюга ДНК або РНК, здатні кодувати білок.
4. StarMolSim – це серія інструментів моделює процеси молекулярної динаміки. Кожен з інструментів має широкий набір вхідних значень та широкий набір вихідних значень для проведення аналізу й дослідження.

### **2.3.2. PhET**

Розробником проекту виступив Університет Колорадо (США). Проект включає безліч різноманітних віртуальних лабораторій, які можуть



демонструють різні явища в області фізики, біології, хімії, математики та інших наук. Проведені дослідження мають не тільки високу пізнавальну цінність, а й дуже цікаві.

## **2.4. Висновки**

У сучасному світі існує дуже багато різноманітного софту, який розроблений спеціалістами з різних країн. Деякі із зазначених проєктів призначені лише для дистанційного навчання, така практика підтвердила свою ефективність проектування моделей, виготовлення схем, гейм-деві, у сферах авіа-, судно- та машинобудування, розвитку інфраструктури тощо. Але зараз постає питання, що кожен з них має певні недоліки (не здатність відповідати вимогам технічного прогресу, підтримки нових технологій та інші).

## **3.ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ВІРТУАЛЬНИХ ЛАБОРАТОРІЙ**

### **3.1. Що необхідно для створення**

Процес створення ВЛ за своїм видом дуже схожий на процес створення звичайного програмного забезпечення, але безперечно має свої певні особливості. Існують необхідні інструменти та обмеження, які обов'язково повинна мати середа або фреймворк для можливості реалізації проекту ВЛ.

По-перше, це фізичний двигун. Проводити розрахунок вручну, звичайно можна, але оскільки лабораторія – це комплекс різних об'єктів, провести фізичні підрахунки без використання додаткового часу буде досить складним завданням і взагалі не виключає отримання помилкового результату (людський фактор). У подальшому в донній роботі будуть наведені інструменти, що матимуть вбудовані фізичні двигуни, які написані такими компаніями, як Nvidia. Вибір мови програмування не є критичним., але на вибір буде впливати вартість та доступність технології.

Основні критерії в виборі технології:

- можливість налаштувати інтернет взаємодію;
- підтримка високорівневих мов програмування.

Основними вимогами до технології є:

- інтуїтивність та зручність інтерфейсу IDE;
- кросплатформеність;
- фізичний двигун;
- мова програмування
- інструменти для реалізації мережевої взаємодії;
- додаткові сервіси.

## 3.2. Ігрові рушії

У створенні віртуальної лабораторії та різноманітних проектів чудово показують себе технології, які призначені для розробки ігор. Вони мають власні фізичні двигуни та зручну ІДЕ з простим, інтуїтивно-зрозумілим інтерфейсом.

### 3.2.1. Unreal Engine

Unreal Engine – написаний мовою C++, рушії дозволяє створювати ігри для більшості операційних систем та платформ, а саме: Microsoft Windows, Linux, Mac OS і Mac OS X, консолей Xbox, Xbox 360, PlayStation 2, PlayStation Portable, PlayStation 3, Wii, Dreamcast і Nintendo GameCube, а також робота рушія була продемонстрована на комунікаторі Palm Pre, що базується на мобільній платформі webOS.

Для спрощення портування, рушії використовує модульну систему залежних компонентів:

- підтримує різні системи рендерингу (Direct3D, OpenGL, Pixomatic), відтворення звуку (EAX, OpenAL, DirectSound3D),
- засоби голосового відтворення тексту, розпізнавання мовлення (тільки для Xbox360, PlayStation 3, Nintendo Wii і Microsoft Windows),
- модулі для роботи з мережею й підтримка різних пристроїв вводу.

Для побудови логіки гри використовується C++ подібний UnrealScript. Усі елементи ігрового рушія представлені у вигляді об'єктів, що мають набір характеристик, і клас, який визначає доступні характеристики. У свою чергу будь-який клас є «дочірнім» класом object.

Серед основних класів і об'єктів можна виділити наступні:

- Актор (actor) – базовий клас, містить усі об'єкти, які мають відношення до ігрового процесу та мають просторові координати;
- Пішак (pawn) – фізична модель гравця або об'єкта, керованого штучним інтелектом. Метод керування описаний спеціальним об'єктом, такий об'єкт називається контролером. Контролер штучного інтелекту описує лише загальну

поведінку пішака під час ігрового процесу, а такі параметри як «здоров'я» (кількість пошкоджень, після яких пішак перестає функціонувати), або, наприклад, відстань, на якій пішак звертає увагу на звуки, задаються для кожного об'єкта окремо;

– Світ, рівень (world, game level) – об'єкт, що характеризує загальні властивості «простору», наприклад, силу тяжіння й туман, у якому розташовуються всі актори. Також може містити в собі параметри ігрового процесу, як, наприклад, ігровий режим, для якого призначений рівень.

### 3.2.2. Unity

Для відображення моделей, процесів і явищ застосовується візуальне представлення у вигляді 3D графіки. Технологічною основою уявлення є графічний інструмент для розробки тривимірних додатків Unity3D.

Unity3D – це багатоплатформовий движок для розробки інтерактивних додатків з графікою, що відтворюється в реальному часі. Цей графічний движок найбільш поширений серед провідних розробників тривимірних великомасштабних ігор. Движок має власний редактор, розробка продуктів ведеться за допомогою мови C #, що дозволяє створювати різноманітні додатки, які описують складні фізичні процеси. Також цьому сприяє високий рівень абстракції програмного інтерфейсу. Процес розробки 3-мірних середовищ об'єктно-орієнтована, а саме побудова середовища розділяється на об'єкти з поведінкою. Unity3D підтримує велику кількість апаратних платформ.

Створений на основі мови C ++, робить движок швидким, продуктивним, а також задовольняти ряд поставлених до нього вимог:

- кінцевий продукт є мультимедійним 3D об'єктом, вбудованим в HTML-сторінку;
- кінцевий продукт є об'єктом високого рівня абстракції прототипів об'єктів;
- забезпечення високої якості графічного представлення інформації;
  - наявність ліцензії для вільного використання в некомерційних цілях;
- підтримка мов високого рівня (C ++, C #, Java) для забезпечення ефективного

процесу розробки;

- бібліотека 3D об'єктів має можливість працювати з сучасними форматами тривимірної графіки - \* .3ds, \* .dae, \* .fbx, \* .flt;
- наявність редактора програмної і графічної розробки об'єктів;
- можливість підключення сторонніх бібліотек об'єктів (бібліотеки для обробки даних, веб-сервіси, драйвери баз даних і т.п.).

Програмна бібліотека мультимедійних 3D об'єктів дозволяє уніфікувати процес створення та обробки віртуальних лабораторних робіт, надає необхідні типи даних та механізми обробки створених віртуальних лабораторних робіт. Програмний засіб Unity3D надає можливість створення плагіна, призначеного для конструювання віртуальних лабораторних робіт.

### **3.2.3. Turbulenz**

Бібліотеки двигуна реалізовані та оптимізовані на JavaScript для підтримки швидкої інтеграції коду і даних. Двигун виконується безпосередньо в браузері та включає в себе деякі з наступних функцій:

- асинхронне завантаження ресурсів і обмінювати; лінива оцінка оновлень сцени; багатопоточна перевірка і виконання;
- візуалізація ефектів і частинок. Shader на основі режиму негайного відправлення; підтримка мульти-техніка, багатоходової, мульти-матеріали; динамічна вершина, індекс і обробки текстур буфера; відкладений надання підтримки необмежені вогні; знімні ефекти POST і колекція ефектів; експонентний карти тіней і оклюзія запитів; великі частинок і ефект системи; GUI система/HUD підтримки декількох мов і шрифтів.

Зазначені функції дають змогу створювати дуже детальну візуалізацію певних процесів, що необхідно у випадку створення ВЛ, оскільки робота з UI при створенні проекту ВЛ є досить об'ємною і становить приблизно 30% від всього обсягу затрат. Інтерфейс двигуна представлений на малюнку 2.



Рисунок 2 - Інтерфейс двигуна Turbulenz.

Фізика; зіткнення і анімація; жорсткі тіла, зіткнення примітиви і обмежень; рей і опуклі запити розгортки; велика колекція вбудованих контролерів анімації; скелет анімації з кватерніонів аудіо та периферія. 3D джерел звуку і до 7.1 об'ємного звуку; багатопотокова передача і змішування; доступ до HID, що дозволяє зовнішні контролери і периферійні пристрої

Мережа, мультиплеер і соціальні мережі; стиснення, шифрування, надійної і ненадійною передачі повідомлень; компенсація мережу лаг, клієнт / сервер і р2р архітектури; інтеграція з популярними соціальними мережами, включаючи Facebook; автоматичний програвач входу і доступу автоматично обробляються.

Сцена і управління ресурсами; вВидимість запитів через портали, усіченого або перекриттям коробки; сортування і угруповання для видимості і оптимальної обробки; пропускна здатність і апаратне масштабування за допомогою динамічного вибору активів.

### 3.2.4. Порівняльна характеристика

Проведемо порівняння всіх аспектів для кожного з ігрових рушіїв та проаналізуємо, який більш доцільно обрати для реалізації тестового проекту, таблиця 1.

Порівняння ігрових рушіїв

Таблиця 1.

Критерії/ Альтернативи	VR	Зруч- ність UI	Фізич- ний двигун	Мова програ- мування	Додат- кові сервіси	Плат- форми	WWW. сервіси
Unreal Engine	+(Google SDK)	3.5	+	C++, Blueprint system	AssetSt ore	Cross	+
Unity	+(Cardboa rd SDK)	5	+	C#/JS	UNET, CLOU D BUILD	Cross	UNET +.NET 3.5
Turbulenz	-	4	+	JS	-	Cross	+

### 3.3 Висновки

Ігрові двигуни являють собою найоптимальнішою технологією серед усіх. Інтерфейс цього софту інтуїтивно зрозумілий, всі компоненти та сервіси не потрібно інстальовати окремо від ІДЕ.

Основною тестового проекту було обрано Unity 3D. Кроссплатформенність, готові реалізації деяких функцій, багата колекцій відеоуроків були вирішальними у прийнятті мною рішення.

## **4. UNITY В СИСТЕМІ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ**

### **4.1 Задачі тестового проекту**

Визначимо основні задачі тестового проекту для подальшого детального аналізу та демонстрації обраного інструментального засобу Unity3D.

Головна задача проекту – показати:

1. Проект має на меті показати можливості роботи з VR, взаємодію додатку із сервером та базою даних та фізичного рушія. При проведенні аналізу слід приділяти особливу увагу співвідношенню отриманого результату зі складністю його імплементації.
2. Проект має продемонструвати роботу зі вбудованими можливостями Unity3D: WebGL build, Cloud build.
3. Потрібно висвітлити роботу з логікою побудови додатків в системі ДН, взаємодію зі сценою, об'єктами та інтерфейсом.

### **4.2 Архітектура тестового проекту**

Загальний вигляд клієнт-серверної архітектури ВЛ показано на малюнку 3.

Сервер та клієнт запроваджують обмін даними за допомогою REST запитів (клас WWW unity). Оскільки база даних знаходиться на сервері за збереження її буде відповідати сервер, а у разі необхідності надавати дані користувачу в залежності від його запиту, що зображено на малюнку 3.



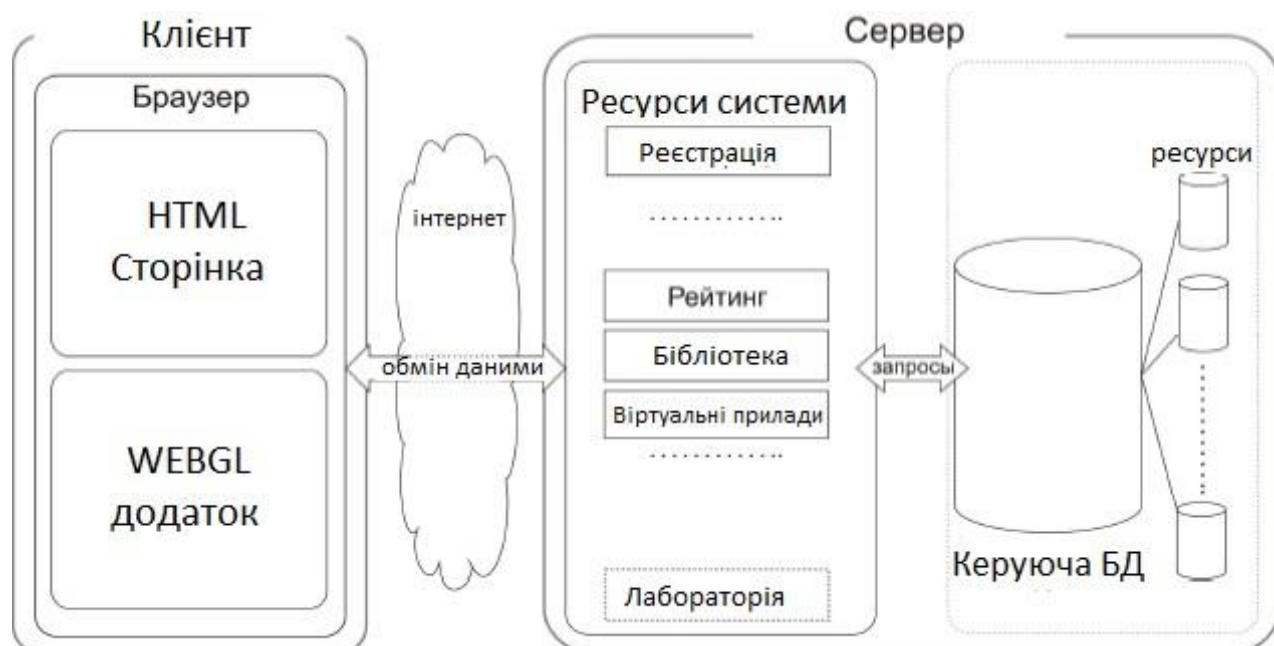


Рисунок 3 - Загальний вигляд архітектури ВЛ

ВЛ містить в собі достатньо великий обсяг інформації, який при першому вході може вимагати багато дискового простору та оперативної пам'яті, що безумовно буде займати зайві ресурси при кожному запуску програми.

Але часто може виникати ситуація, що користувачеві не потрібні всі модулі відразу, тоді оптимальним варіантом буде закласти в системі можливість завантаження тільки основної оболонки, визначеного робочого модуля і необхідного розділу бібліотеки об'єктів, в результаті цього користувач заощадить трафік ресурсів тим самим підвищить ефективність роботи.

#### 4.2.1. Загальний підхід до реалізації

Віртуальні навчальні засоби сьогодні актуально створювати у веб-просторі як веб-сервіси. На це впливають різноманітні фактори, але найважливішим залишається поширення телекомунікаційних каналів зв'язку. У реалізації ВЛ очевидна реалізація під контейнер браузера. Хоча реалізація під локальну мережу з можливістю при роботі обмінюватися з сервером для обміну даними ( базами даних) також можлива.

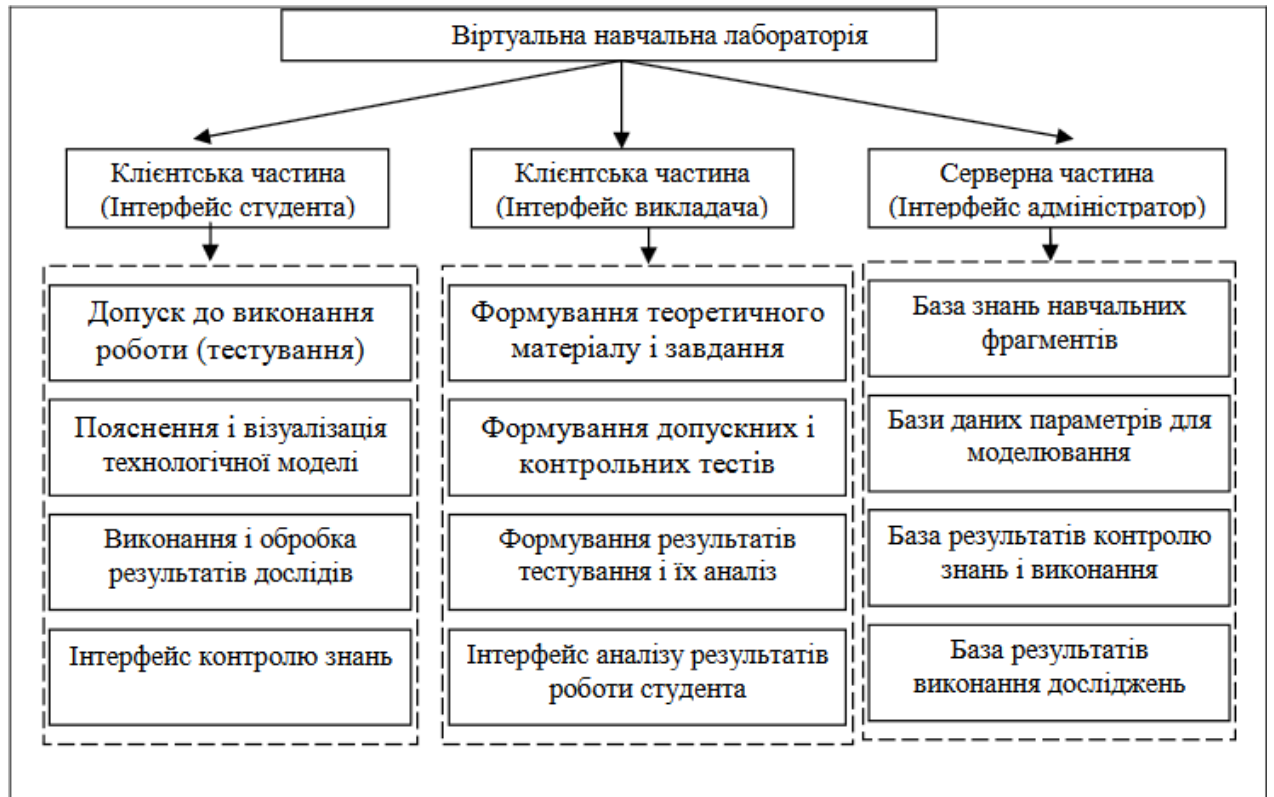


Рисунок 4 - Схема реалізації ВЛ.

#### 4.2.2. Реалізація

Процес розробки тестової ВЛ роботи за допомогою редактора Unity3D складається:

1. Додавання об'єкта в 3-мірну сцену;
2. Присвоєння унікальних імен, за допомогою якого користувач буде звертатися до об'єкта;
3. Визначення переліку параметрів, необхідних фізичному об'єкту для участі в експерименті;
4. Обґрунтування додаткових змінних або констант (наприклад: прискорення вільного падіння, нормальна або поточна температура середовища та інше);
5. Застосування математичних формул для моделювання процесів та/або явищ.

Функціональність віртуальних лабораторних робіт, полягає у тому, що кожна лабораторна робота повинна містити окремі фізичні об'єкти, кожен фізичний об'єкт повинен мати власну математичну модель, відповідно користувач повинен мати можливість вносити зміни до математичної моделі. На малюнку 4 представлена робоча область ВЛ.

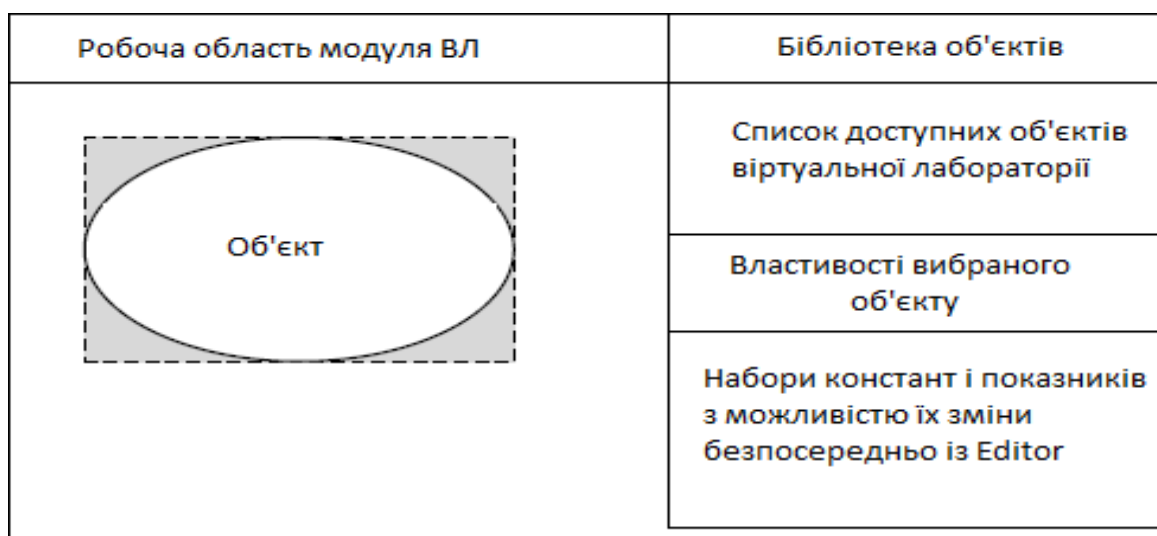


Рисунок 4 - Робоча область ВЛ.

У разі необхідності редагування чи створення віртуальних лабораторних робіт користувач виділяє об'єкт зі списку об'єктів на сцені. На малюнку 5 приведена загальна схема віртуальної лабораторії.

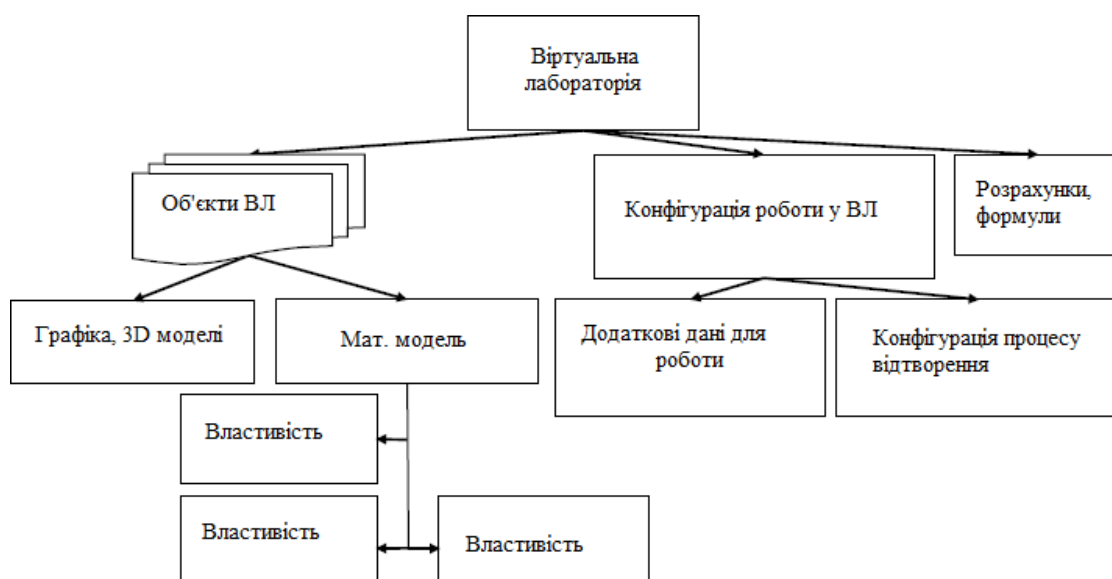


Рисунок 5 - Загальна схема ВЛ.

Наприкінці роботи у вікні властивостей об'єкта з'являється список характеристик поточного об'єкта та відображаються елементи інтерфейсу, які допомагають користувачу змінювати значення даних властивостей.

Виконавши пуск проєкту, представленому на малюнку 6, відбувається емуляцію пристрою ВЛ на ком п'ютері безпосередньо у Unity Editor.

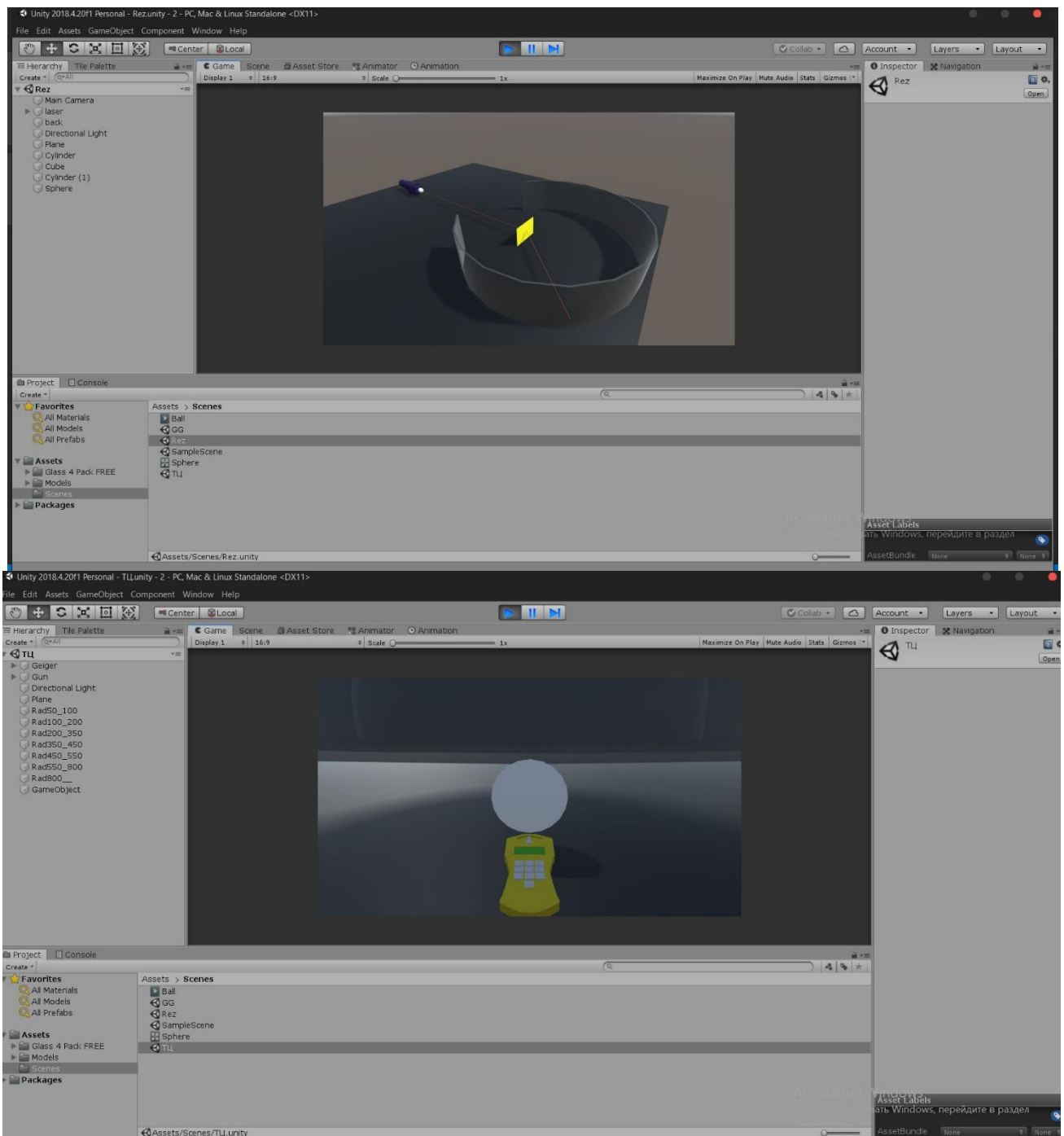
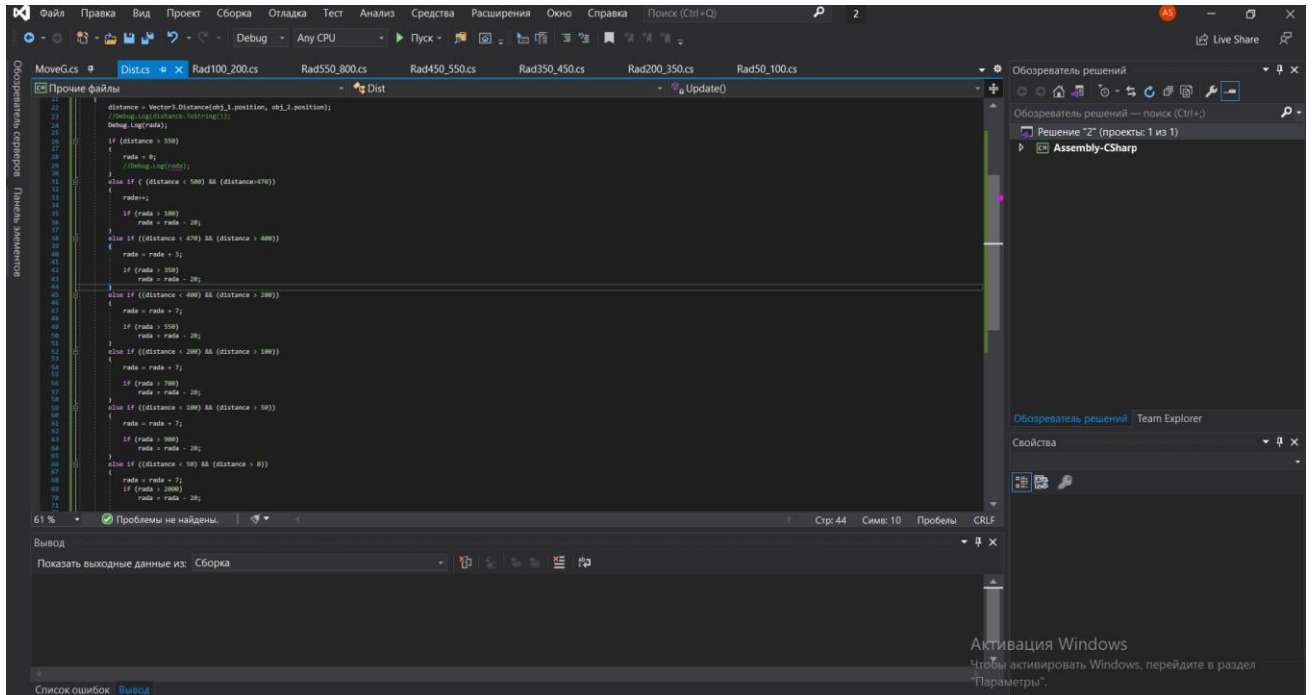
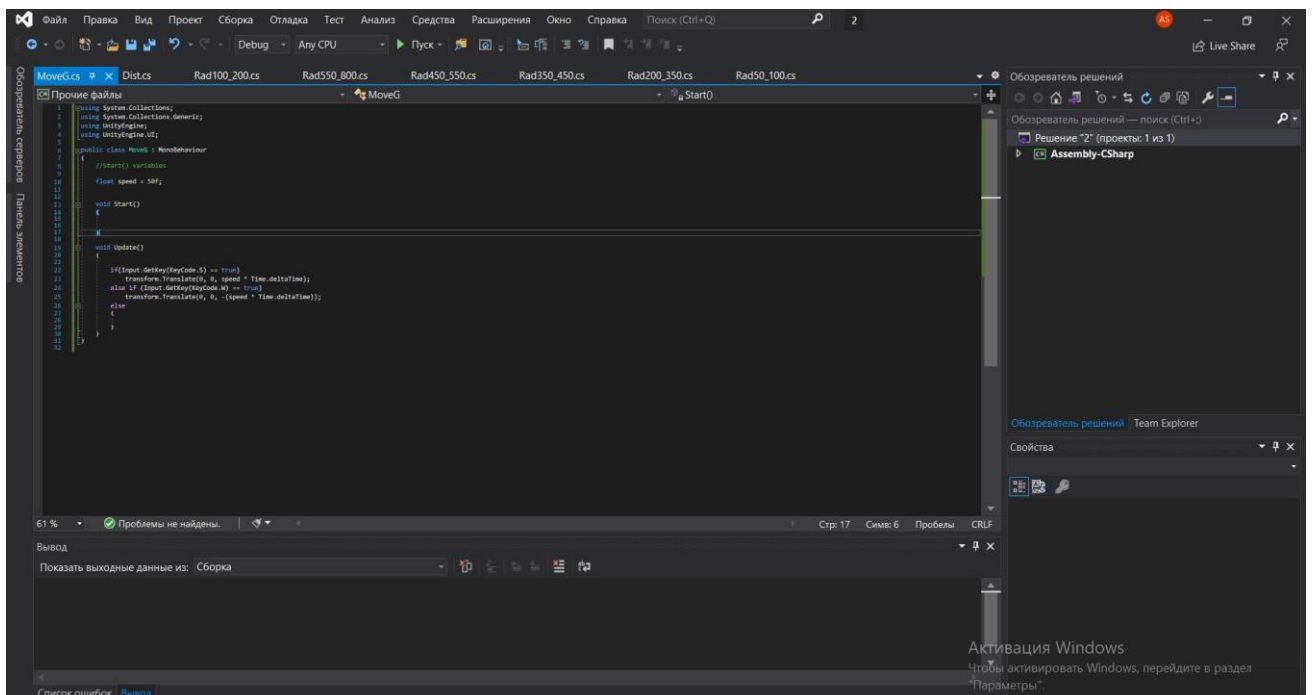


Рисунок 6 - Виконання проєкту, емуляція приладу ВЛ.

## Реалізація математичної моделі взаємодії з радіацією



## Реалізація керування об'єктом переміщення по сцені



### **4.3. Висновки**

Можливості .Net в поєднанні з Unity Editor – кращий вибір для реалізації віртуальної лабораторії. Легкість налаштування проекту, зручна система колайдерів та фізичний двигун, який коректно і фізично-достовірно може проектувати симуляції явищ та процесів. Контролювання усіх фізичних процесів через скріпти та створення програмних математичних моделей для об'єктів обґрунтовує, що використання таких ігрових рушіїв як Unity ідеально підходить для створення проектів ВЛ, тому що Unity повністю підтримує .NET 3.5, робота з базами даних та відправкою запитів до сервера через вбудований клас WWW.

## ВИСНОВКИ

При виконанні даної дипломної роботи, перший розділ присвячено проведенню дослідження основних видів та характеристик моделей. Також, були висвітлені головні принципи та процеси математичного моделювання. Крім цього була сформульована актуальність роботи та визначенні задачі.

Другий розділ надає можливість розглянути найбільш популярні сучасні засоби створення віртуальних лабораторій та проаналізувати їх базові функціональні можливості.

У третьому розділі були розглянуто декілька ігрових двигунів, визначено основні переваги та недоліки їх. Також розглянуто програму Unity 3D, яка є найбільш поширена серед незалежних розробників програмного забезпечення. Крім цього доведено, що саме цей ігровий рушій ідеально підходить до розробки ВЛ та дозволяє обробляти та зберігати великий масив інформації, матеріалів та ком'юніті.

Unity – найсучасніший ігровий рушій, який містить у собі широкий функціонал, великий набір інструментів, фізичний та графічний двигун. Виважений баланс між оптимізацією коду та візуалізації у ньому дає змогу з легкістю робити різноманітні симуляції. Великі можливості для повторного використання коду та вбудована оптимізація

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Дубовой В. М. Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів і систем керування : навчальний посібник
2. Маликов В. Т. Анализ измерительных информационных систем
3. <https://unity3d.com/>
4. <http://icampus.mit.edu/projects/ilabs/>
5. William Sherif Learning C++ by Creating Games with UE4
6. <http://biz.turbulenz.com/>
7. <https://vr.google.com/cardboard/>
8. <http://www.infotechno.ru/analizSDO.htm>
9. <https://zavantag.com/docs/374/index-208295-1.html>
10. <http://4-i-5.ru/text-3/page-10-ref-51343.php>
11. <https://buklib.net/books/35332/>
12. <https://lektsii.org/10-51343.htm>
13. <http://www.uk.x-pdf.ru/5raznoe/1239990-3-identifikaciya-modelyuvannya-tehnologichnih-ob-ktiv-sistem-keruvannya-ministerstvo-osviti-nauki-molodi-sportuukraini-vi.php>
14. [https://nmetau.edu.ua/file/03\\_3.5\\_lbr\\_gr\\_rbr\\_.pdf](https://nmetau.edu.ua/file/03_3.5_lbr_gr_rbr_.pdf)