

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет комп'ютерних наук, фізики та математики**

(повна назва факультету)

**Кафедра комп'ютерних наук та програмної інженерії**

(повна назва кафедри)

**3D ОБ'ЄКТИ ДЕМОНСТРАЦІЇ ТРАЄКТОРІЙ РУХУ В  
ЗАДАЧАХ КІНЕМАТИКИ**

(назва теми великими літерами)

**Кваліфікаційна робота (проект)  
на здобуття ступеня вищої освіти “магістр”**

Виконав: здобувач	<u>2 курсу 241м групи</u> (курс, група)
Спеціальність	<u>121 Інженерія програмного забезпечення</u> (шифр, назва)
Освітньо-професійна програма	<u>Інженерія програмного забезпе- чення другого (магістерського) рівня вищої освіти</u> (назва)
Керівник	<u>Заремба Святослав Петрович</u> (П.І.Б.) <u>Кандидат фізико-математичних наук, доцент Кравцов Геннадій Михайлович</u> (наук. ступінь, вчене звання, П.І.Б.)
Рецензент	<u>Вчитель інформатики</u> <u>Херсонського фізико-технічного ліцею</u> <u>Тарасюк Артур Олександрович</u>

## ЗМІСТ

ЗМІСТ .....	2
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ .....	8
ВСТУП .....	9
<b>РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ТА СТАН ДОСЛІДЖЕНЬ У ГАЛУЗІ 3D</b>	
<b>ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ТРАЄКТОРІЙ РУХУ .....</b>	<b>11</b>
<b>1.1 Вступ до кінематики та її візуалізації.....</b>	<b>11</b>
<b>1.2 Актуальність та важливість візуалізації траєкторій у кінематиці.....</b>	<b>11</b>
1.2.1 Складність кінематичних систем.....	11
1.2.2 Потреба інтерактивності .....	12
1.2.3 Технології сучасності .....	12
1.2.4 Сучасність і STEAM – освіта.....	12
1.2.5 Доступність сприйняття.....	12
<b>1.3 Процес розвитку 3D візуалізації в кінематиці .....</b>	<b>12</b>
1.3.1 Перший етап (1960 -1970-ті рр.) .....	12
1.3.2 Другий етап (1980-1990-ті рр.) .....	13
1.3.3 Третій етап (2000-2020-ті рр.).....	13
1.3.4 Четвертий етап (2022-ті р. – і по наші дні) .....	13
<b>1.4 Варіантивні методи відображення траєкторій руху.....</b>	<b>13</b>
1.4.1 Графічні побудови .....	13
1.4.2 Двовимірна та тривимірна візуалізація .....	14
1.4.3 Анімація .....	14
1.4.4 Інтерактивні симуляції.....	14
1.4.5 Симуляції в режимі реального часу .....	14
<b>1.5 Програмне забезпечення для 3D моделювання та візуалізації.....</b>	<b>15</b>
1.5.1 MATLAB.....	15
1.5.2 MATLAB Simulink.....	15
1.5.3 SolidWorks.....	15
1.5.4 Octane Render .....	15
1.5.5 Blender .....	16

1.5.6 3ds Max.....	16
1.5.7 Maya .....	16
1.5.8 OpenGL та WebGL.....	16
<b>1.6 Виклики та обмеження наявних рішень.....</b>	<b>17</b>
1.6.1 Складність інтерфейсу .....	17
1.6.2 Вартість програмного забезпечення.....	17
1.6.3 Орієнтація на окремі аспекти.....	17
1.6.4 Відсутність інтерактивних елементів.....	17
1.6.5 Обмеження в апаратному забезпеченні.....	17
<b>1.7 Методичні аспекти застосування програмного забезпечення в навчальному процесі.....</b>	<b>18</b>
1.7.1 Адаптація навчальної програми .....	18
1.7.2 Розробка навчальних матеріалів.....	18
1.7.3 Організація командних проектів .....	18
1.7.4 Залучення зовнішніх спеціалістів.....	18
1.7.5 Оцінка навчальних досягнень.....	19
1.7.6 Створення онлайн-курсів .....	19
<b>1.8 Висновки до розділу .....</b>	<b>19</b>
<b>РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ДЕМОНСТРАЦІЇ ТРАЄКТОРІЙ РУХУ В 3D ПРОСТОРИ.....</b>	
<b>2.1 Введення в кінематику .....</b>	<b>20</b>
2.1.1 Позиція.....	20
2.1.2 Швидкість .....	20
2.1.3 Прискорення .....	20
<b>2.2 Траєкторії руху в 3D просторі.....</b>	<b>21</b>
2.2.1 Векторний опис траєкторії.....	21
<b>2.3 Типи руху .....</b>	<b>21</b>
2.3.1 Прямолінійний.....	21
2.3.2 Криволінійний .....	21
2.3.3 Обертальний .....	21

<b>2.4 Використання 3D-моделювання в освіті.....</b>	<b>22</b>
2.4.1 Візуалізація складних концепцій.....	22
2.4.2 Інтерактивність.....	22
2.4.3 Підвищення ефективності навчання.....	22
<b>2.5 Основні технології для 3D візуалізації.....</b>	<b>22</b>
2.5.1 Графічний двигун Unity.....	23
2.5.2 Графічний двигун Unreal Engine.....	23
2.5.3 Мова програмування C#.....	23
2.5.4 Мова програмування C++.....	23
<b>2.6 Наукові дослідження в сфері 3D-візуалізації.....</b>	<b>23</b>
2.6.1 Покращення пам'яті.....	23
2.6.2 Активне навчальне середовище.....	23
2.6.3 Поліпшення навичок критичного мислення.....	24
<b>2.7 Виклики у використанні 3D-моделювання.....</b>	<b>24</b>
2.7.1 Витрати на розробку.....	24
2.7.2 Технічні навички.....	24
2.7.3 Доступ до технологій.....	24
<b>2.8 Висновки до розділу.....</b>	<b>24</b>
<b>РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ</b>	
<b>ДЕМОНСТРАЦІЇ ТРАЄКТОРІЙ РУХУ В 3D ПРОСТОРИ.....</b>	
<b>3.1 Введення в розробку програмного забезпечення.....</b>	<b>25</b>
<b>3.2 Збір вимог.....</b>	<b>25</b>
3.2.1 Візуалізація траєкторій.....	25
3.2.2 Інтерактивність.....	25
3.2.3 Збереження та експорт даних.....	25
<b>3.3 Нефункціональні вимоги.....</b>	<b>26</b>
3.3.1 Продуктивність.....	26
3.3.2 Сумісність.....	26
3.3.3 Зручність використання.....	26
<b>3.4 Вибір технологій.....</b>	<b>26</b>

3.4.1 Графічний двигун Unity .....	26
3.4.2 Мова програмування C#.....	26
3.4.3 Blender .....	27
<b>3.5 Проектування програмного забезпечення .....</b>	<b>27</b>
3.5.1 Модуль візуалізації.....	27
3.5.2 Модуль фізики .....	27
3.5.3 Модуль управління користувачем.....	27
<b>3.6 Проектування користувацького інтерфейсу .....</b>	<b>27</b>
3.6.1 Головне меню .....	28
3.6.2 Панель налаштувань.....	28
3.6.3 Вікно візуалізації .....	28
<b>3.7 Реалізація програмного забезпечення .....</b>	<b>28</b>
3.7.1 Сфери .....	28
3.7.2 Куби.....	28
3.7.3 Траєкторії.....	29
<b>3.8 Програмування логіки руху.....</b>	<b>29</b>
3.8.1 Розрахунок швидкості та прискорення .....	29
3.8.2 Анімація об'єктів .....	29
<b>3.9 Інтеграція з графічним двигуном .....</b>	<b>29</b>
3.9.1 Створення сцени.....	29
3.9.2 Налаштування камери .....	30
3.9.3 Оптимізація продуктивності.....	30
<b>3.10 Тестування програмного забезпечення .....</b>	<b>30</b>
3.10.1 Функціональне тестування.....	30
3.10.2 Тестування продуктивності .....	30
3.10.3 Тестування користувацького інтерфейсу.....	30
3.10.4 Результати тестування.....	30
<b>3.11 Висновки до розділу .....</b>	<b>31</b>
<b>РОЗДІЛ 4. ФУНКЦІОНАЛЬНІ МОЖЛИВОСТІ ПРОГРАМНОГО</b>	
<b>ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ .....</b>	<b>32</b>

<b>4.1 Введення.....</b>	<b>32</b>
<b>4.2 Основні функціональні можливості програми .....</b>	<b>32</b>
4.2.1 Різні типи руху.....	32
4.2.2 Вплив зовнішніх сил .....	33
4.2.3 Анімація .....	33
<b>4.3 Інтерактивність .....</b>	<b>33</b>
4.3.1 Зміна параметрів у реальному часі.....	33
4.3.2 Сенсорні елементи управління .....	33
4.3.3 Інтерактивні підказки .....	33
<b>4.4 Порівняння різних сценаріїв.....</b>	<b>34</b>
4.4.1 Паралельні моделі .....	34
4.4.2 Аналіз результатів .....	34
4.4.3 Візуалізація графіків .....	34
<b>4.5 Адаптивність програми для різних рівнів навчання .....</b>	<b>34</b>
4.5.1 Для початківців.....	34
4.5.2 Для просунутих користувачів.....	35
<b>4.6 Можливі сценарії застосування в освітньому процесі.....</b>	<b>35</b>
4.6.1 Лекції та семінари .....	35
<b>4.7 Лабораторні заняття .....</b>	<b>36</b>
4.7.1 Кінематичні експерименти .....	36
4.7.2 Командні дослідження .....	36
<b>4.8 Дистанційне навчання .....</b>	<b>36</b>
4.8.1 Доступ до навчальних ресурсів .....	36
4.8.2 Віртуальні семінари.....	37
<b>4.9 Висновки до розділу .....</b>	<b>37</b>
<b>РОЗДІЛ 5. ВИКЛИКИ ТА БАР'ЄРИ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ .....</b>	<b>38</b>
<b>5.1 Введення.....</b>	<b>38</b>
<b>5.2 Технічні бар'єри.....</b>	<b>38</b>
5.2.1 Інфраструктура .....	38
<b>5.3 Технічні труднощі.....</b>	<b>39</b>

5.3.1 Збої в роботі програмного забезпечення .....	39
5.3.2 Необхідність регулярних оновлень .....	39
<b>5.4 Сопротивлення змін .....</b>	<b>39</b>
5.4.1 Психологічні бар'єри .....	39
<b>5.5 Фінансові аспекти.....</b>	<b>40</b>
5.5.1 Витрати на обладнання .....	40
5.5.2 Витрати на навчання .....	40
5.5.3 Необхідність підготовки .....	41
<b>5.6 Підготовка викладачів .....</b>	<b>41</b>
5.6.1 Тренінги та семінари .....	41
5.6.2 Підтримка з боку адміністрації.....	41
<b>5.7 Підготовка студентів.....</b>	<b>41</b>
5.7.1 Введення в курс .....	41
5.7.2 Індивідуальна підтримка .....	41
<b>5.8 Висновки до розділу .....</b>	<b>42</b>
<b>РОЗДІЛ 6. ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТА ІНТЕГРАЦІЇ ПРОГРАМНОГО</b>	
<b>ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....</b>	<b>43</b>
<b>6.1 Введення.....</b>	<b>43</b>
<b>6.2 Можливості подальшого розвитку програмного забезпечення .....</b>	<b>43</b>
6.2.1 Розширення функціоналу.....	43
6.2.2 Додавання нових модулів .....	43
6.2.3 Сценарії для досліджень .....	44
6.2.4 Розробка курсів.....	44
<b>6.3 Інтеграція з сучасними технологіями .....</b>	<b>44</b>
6.3.1 Штучний інтелект.....	44
6.3.2 Віртуальна реальність (VR) .....	44
6.3.3 Доповнена реальність (AR).....	45
<b>6.4 Інтеграція з іншими системами.....</b>	<b>45</b>
6.4.1 Платформи для дистанційного навчання .....	45
6.4.2 Співпраця з освітніми установами .....	45

<b>6.5 Роль у майбутньому навчанні .....</b>	<b>46</b>
6.5.1 Інтерактивні навчальні середовища .....	46
<b>6.6 Персоналізоване навчання.....</b>	<b>47</b>
<b>6.7 Висновки до розділу .....</b>	<b>47</b>
<b>ВИСНОВКИ .....</b>	<b>49</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....</b>	<b>51</b>

## **ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ**

- 1. CAD** - Computer-Aided Design.
- 2. GPU** - Graphics processing unit.



## ВСТУП

**Актуальність:** В наш час, в час розвитку інноваційних технологій залишається ряд невирішених проблем, які обмежують можливості інтерактивного моделювати і аналізувати рух тіл у тривимірному просторі. Традиційні підходи не розкривають можливостей при аналізі руху тіл у тривимірному просторі через малоефективні 2D графіки і статичні зображення складних траєкторій.

Тому, розробка програмного забезпечення з підтримкою 3D моделей для інтерактивної демонстрації траєкторії руху тіл являється першочерговим завданням, адже воно забезпечить зручне користування і можливості зміни параметрів для глибокого вивчення кінематики, а також надасть наочність.

**Мета дослідження:** для забезпечення нових можливостей в наукових дослідженнях в галузі кінематики і з метою поглиблення освітнього процесу, створити програмне забезпечення для інтерактивної демонстрації 3D моделей траєкторії руху.

### **Завдання дослідження:**

1. Розробити програмне забезпечення яке підтримує інтерактивне управління 3D-моделями траєкторій і дозволяє змінювати параметр руху.
2. Створити тривимірні моделі з метою демонстрації різних видів траєкторії і інтегрувати їх у програму.
3. Провести дослідження сучасних засобів і підходів для візуалізації та моделювання траєкторії руху в задачах кінематики.

**Об'єкт дослідження:** процес створення програмного забезпечення для інтерактивної демонстрації 3D траєкторій руху в задачах кінематики.

**Предмет дослідження:** 3D об'єкти та алгоритми, які використовуються з метою реалізації траєкторій руху. Функціональні можливості розробленого програмного забезпечення в освітньому і науковому процесах.

**Методи дослідження:**

1. Аналіз сучасного програмного забезпечення і літератури стосовно візуалізації кінематичних процесів.
2. Методи об'єктно-орієнтованого програмування для розробки інтерактивного програмного забезпечення.
3. Алгоритми комп'ютерної графіки та математичні методи моделювання руху для побудови 3D моделей траєкторій.

**Наукова новизна одержаних результатів:** створення нового програмного забезпечення, яке надає можливість інтерактивно моделювати і демонструвати траєкторії руху у тривимірному просторі а також змінювати параметри руху і проводити їх аналіз.

**Практичне значення одержаних результатів:** програмне забезпечення може бути використане в освітніх закладах і наукових лабораторіях для більш глибокого дослідження траєкторії руху.

**Публікації:** Основні результати дослідження представлені в таких публікаціях:

1. Заремба С.П «3D ОБ'ЄКТИ ДЕМОНСТРАЦІЇ ТРАЄКТОРІЙ РУХУ В ЗАДАЧАХ КІНЕМАТИКИ», Магістерські студії, 2024.

## РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ТА СТАН ДОСЛІДЖЕНЬ У

### ГАЛУЗІ 3D ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ТРАЄКТОРІЙ РУХУ

#### 1.1 Вступ до кінематики та її візуалізації

Кінематика розділ механіки який вивчає рух тіл без урахування сил, які його викликають. Вона вивчає параметри руху: швидкість, прискорення, позиція і час, за який відбуваються їх зміни. Головним в кінематиці є описання і класифікація саме руху, розробка математичних моделей, які використовуються для прогнозування руху.

Світ не стоїть на місці, технології розвиваються, а сучасна освіта вимагає нових підходів до викладання складних підходів до використання складних конструкцій у фізиці. Застарілі 2D моделі не в змозі точно відображати складність кінематичних процесів, бо не дають можливості візуалізувати просторові відносини між об'єктами. Виходячи з цього, ми підходимо розуміння, що 3D візуалізація незамінний інструмент для навчального процесу, бо дозволяє створювати більш детальні моделі, які розкривають складні фізичні явища. [1,15]

#### 1.2 Актуальність та важливість візуалізації траєкторій у

##### кінематиці

Перспективність візуалізації траєкторії руху в кінематиці відображаються в ключових аспектах:

##### 1.2.1 Складність кінематичних систем

Щоб зрозуміти складні сучасні механічні системи, необхідна наочна модель. Саме тривимірні моделі дають змогу повніше уявити структуру і

взаємозв'язки між компонентами системи, а це в свою чергу сприяє глибокому розумінню процесів, які відображаються в системах.

### **1.2.2 Потреба інтерактивності**

Оскільки традиційні методи навчання застаріли і не надають повного розуміння процесу, використання 3D візуалізації дозволяє їм змінювати параметри системи і спостерігати за ними в реальному часі, що сприяє поглибленню навчального процесу.

### **1.2.3 Технології сучасності**

В наш час створені технології віртуальної реальності і (VR) доповненої реальності (AR) дають поштовх для розвитку процесу візуалізації, що дозволяє створювати реалістичні моделі, які можуть взаємодіяти з користувачем.

### **1.2.4 Сучасність і STEAM – освіта**

Сучасність висуває високі вимоги в сфері STEAM і саме візуалізація забезпечує стимул у вивченні наук, 3D моделі надають студентам наочні приклади, що полегшують розуміння складних концепцій.

### **1.2.5 Доступність сприйняття**

3D візуалізація завдяки наочності робить навчання студентів більш доступним і зрозумілим особливо для тих хто погано сприймає текстовий матеріал і графіки.

## **1.3 Процес розвитку 3D візуалізації в кінематиці**

Процес розвитку 3D візуалізації в кінематиці умовно поділяється на 3 етапи. [16]

### **1.3.1 Перший етап (1960 -1970-ті рр.)**

Поява перших комп'ютерних моделей для імітації фізичних процесів. Через те, що моделі того часу були статичними, вони не передавали, вони не передавали динаміки руху. Програма Sketchpad, була однією з перших і

продемонструвала, як можна використати комп'ютер для графічного моделювання.

### **1.3.2 Другий етап (1980-1990-ті рр.)**

З'являються нові алгоритми і технології: перші програмні рішення для моделювання руху, рендеринг і анімація. В інтернеті почалось використання систем CAD у навчальному процесі. Все більшої популярності набуває програмне забезпечення MATLAB адже воно надавало інструменти для математичних моделювання і візуалізації.

### **1.3.3 Третій етап (2000-2020-ті рр.)**

Став ерою 3D візуалізації. Це були 2000 роки. Завдяки розвитку графічних процесорів CPU і нових технологій візуалізації стали створюватись складні тривимірні моделі і анімація. Нові платформи Blender і Unity пропонують широкі можливості для моделювання, анімації і симуляції фізичних процесів.

### **1.3.4 Четвертий етап (2022-ті р. – і по наші дні)**

Охоплює наші часи починаючи з 2020 років активно розвивається віртуальна та доповнена реальність, що відкриває нові можливості для візуалізації кінематичних процесів. Ці технології забезпечують новий рівень інтерактивності, даючи користувачам змогу взаємодіяти з моделями в режимі реального часу, що істотно покращує ефективність навчання та досліджень. [1, 19, 26]

## **1.4 Варіантивні методи відображення траєкторій руху**

### **1.4.1 Графічні побудови**

Цей метод використовує графіки та діаграми для демонстрації змін параметрів руху з плином часу. Зазвичай, він є початковим етапом візуалізації, що

допомагає виявити основні тенденції. Однак метод має обмеження у відображенні просторових взаємозв'язків.

#### **1.4.2 Двовимірна та тривимірна візуалізація**

Застосування комп'ютерної графіки для створення 3D-моделей, які дозволяють спостерігати рух об'єктів з різних ракурсів. Тривимірні моделі забезпечують детальніше уявлення про структуру та рух тіл. Побудова 3D моделей можлива завдяки використанню різних інструментів, таких як САД-системи, що дозволяють точно моделювати об'єкти. [27]

#### **1.4.3 Анімація**

Є ефективним інструментом для створення динамічних моделей, що відображають зміни положення тіл з плином часу. Він особливо корисний для візуалізації складних кінематичних процесів, таких як коливання, обертання та інші типи руху. [28]

#### **1.4.4 Інтерактивні симуляції**

Використання комп'ютерних моделей, які дозволяють користувачам змінювати параметри та спостерігати отримані результати. Це має особливе значення для студентів, оскільки дає змогу проводити експерименти і висувати власні гіпотези. [2]

#### **1.4.5 Симуляції в режимі реального часу**

Цей спосіб дозволяє студентам спостерігати за результатами візуалізації в режимі реального часу. Студенти можуть змінювати параметри руху та відразу бачити, як це впливає на результати. Це сприяє глибшому розумінню зв'язків між різними кінематичними параметрами.

## **1.5 Програмне забезпечення для 3D моделювання та візуалізації**

Сучасний ринок програмного забезпечення для 3D моделювання та візуалізації пропонує різноманітні інструменти, кожен з яких має свої переваги та недоліки. Розглянемо деякі з найбільш популярних рішень:

### **1.5.1 MATLAB**

Ця платформа пропонує потужні засоби для математичного моделювання та візуалізації. MATLAB є особливо корисним для студентів, оскільки спрощує написання кодів для моделювання різноманітних фізичних процесів. Крім того, MATLAB підтримує інтеграцію 3D-графіки, що робить його універсальним інструментом для кінематики.

### **1.5.2 MATLAB Simulink**

Simulink є розширенням MATLAB і пропонує графічний інтерфейс для моделювання динамічних систем. Ця програма дає змогу користувачам створювати блок-схеми для візуалізації руху об'єктів у кінематичних системах. Simulink забезпечує інтерактивність і дозволяє просто змінювати параметри, що особливо корисно для навчальних цілей.

### **1.5.3 SolidWorks**

Для створення 3D моделей в інженерії використовується САД-система для SolidWorks, адже у неї потужні функції для функції для анімації та симуляції руху, які дають можливість студентам вивчати кінематику в інтерактивному режимі. Для тих хто зайнятий в інженерних дисциплінах це програмне просто безціне. [20]

### **1.5.4 Octane Render**

Для швидко створення високоякісних зображень з метою рендерингу це програмне забезпечення, використовує графічні процесори (GPU) для швидкого створення високоякісних зображень. Octane Render інтегрується з

багатьма популярними 3D моделями і дозволяє досягти фотореалістичного рендерингу.

### **1.5.5 Blender**

Blender — це безкоштовний і відкритий програмний пакет для 3D-моделювання, анімації та візуалізації. Він пропонує різноманітні можливості для створення детальних моделей та анімацій, що дозволяє отримувати високоякісні 3D-візуалізації. Однак через свою складність Blender може бути не зовсім зручним для новачків, які не мають попереднього досвіду.

### **1.5.6 3ds Max**

Продукт Autodesk, 3ds Max, спеціалізується на 3D-моделюванні, анімації та рендерингу. Ця програма широко застосовується в ігровій індустрії, а також для архітектурної візуалізації завдяки зручному інтерфейсу та потужним функціям.

### **1.5.7 Maya**

Autodesk Maya — це професійна програма для 3D-моделювання та анімації, яка часто використовується в індустрії анімації та візуальних ефектів. Maya пропонує потужні інструменти для створення деталізованих моделей, анімацій і рендерингу, що робить її чудовим вибором для художників і аніматорів.

### **1.5.8 OpenGL та WebGL**

OpenGL та WebGL за допомогою програмування створюють 3D-графіку в режимі реального часу і використовуються для розробки ігор і веб-додатків. Це дозволяє візуалізувати кінематичні процеси безпосередньо в браузері. Завдяки цьому студенти можуть взаємодіяти з моделями, не встановлюючи додаткове програмне забезпечення. [21]



## **1.6 Виклики та обмеження наявних рішень**

Не дивлячись на велику кількість доступних програмних рішень, викладачі та студенти стикаються з низкою викликів і обмежень під час їх використання:

### **1.6.1 Складність інтерфейсу**

Недосвідченість студентів може призвести до зниження зацікавленості в навчанні, через складний інтерфейс програм.

### **1.6.2 Вартість програмного забезпечення**

Через високу вартість ліцензій, таких професійних програм, як MATLAB або симуляційні платформи, існує вірогідність обмеження доступності для багатьох навчальних закладів.

### **1.6.3 Орієнтація на окремі аспекти**

Багато програм зосереджені на специфічних елементах кінематики, що не дозволяє забезпечити цілісний підхід. Це може стати перешкодою для студентів, які намагаються зрозуміти складніші системи або взаємозв'язок між різними кінематичними параметрами.

### **1.6.4 Відсутність інтерактивних елементів**

Через те що програми не підтримують інтерактивність, існує ризик зниження навчального інструменту. У студентів може виникнути необхідність змінювати параметри моделей і спостерігати за результатами. [22]

### **1.6.5 Обмеження в апаратному забезпеченні**

Суттєвою перешкодою впровадження сучасних технологій у навчальний процес є наявність необхідного потужного забезпечення для роботи з 3D-візуалізацією.

## **1.7 Методичні аспекти застосування програмного забезпечення в**

### **навчальному процесі**

Для успішного впровадження програмного забезпечення для 3D-візуалізації в освітній процес важливо врахувати кілька методичних аспектів:

#### **1.7.1 Адаптація навчальної програми**

Викладачам слід оновити свої навчальні програми, аби інтегрувати нові технології в навчальний процес. Це може включати проведення лекцій і практичних занять із використанням 3D-візуалізації, а також розробку завдань, які заохочують студентів до самостійного дослідження.

#### **1.7.2 Розробка навчальних матеріалів**

Створення навчальних матеріалів є ключовим етапом для забезпечення ефективного навчання. До таких матеріалів можуть входити інструкції щодо використання програмного забезпечення, приклади проектів та поради з їх реалізації.

#### **1.7.3 Організація командних проектів**

Групові проекти можуть суттєво сприяти розвитку співпраці серед студентів. Вони можуть спільно працювати над завданнями, створюючи моделі та проводячи експерименти, що формує навички командної роботи. [23]

#### **1.7.4 Залучення зовнішніх спеціалістів**

Цінні уявлення про реальні використання технологій може дати запрошення фахівців, які мають практичний досвід у сфері 3D-візуалізації, може дати можливість студентам передбачати організацію семінарів, воркшопів.

### **1.7.5 Оцінка навчальних досягнень**

Визначення критеріїв оцінювання є ключовим етапом у навчальному процесі. Оцінювання повинно враховувати як теоретичні знання, так і практичні навички, здобуті під час роботи з програмним забезпеченням. Розробка системи зворотного зв'язку також допомагає поліпшити навчальний матеріал. [25]

### **1.7.6 Створення онлайн-курсів**

Потужним засобом для залучення студентів є використання онлайн-платформ для розробки курсів з 3D-візуалізації кінематичних процесів. Такі курси можуть включати відео, інтерактивні модулі та завдання, що дозволяють студентам навчатися з комфортом.

## **1.8 Висновки до розділу**

Нове програмне забезпечення для інтерактивної візуалізації кінематичних процесів має наукову новизну, адже нові алгоритми і підходи до моделювання здатні забезпечити більш точні та реалістичні результати, що сприятиме глибшому розумінню механіки руху. Нові методи візуалізації можуть застосовуватись для вивчення нетрадиційних рухів, які важко описати звичними математичними моделями.

Розробка нових програмних рішень може підвищити інтерес студентів до навчання, полегшити засвоєння складних концепцій і дати їм можливість експериментувати з реальними даними, що, у свою чергу, може допомогти у підготовці майбутніх фахівців, які володіють сучасними технологіями та готові до роботи в динамічному середовищі.

## РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ДЕМОНСТРАЦІЇ ТРАЄКТОРІЙ РУХУ В 3D ПРОСТОРИ

### 2.1 Введення в кінематику

Кінематика, що є частиною механіки, фокусується на описі руху об'єктів, акцентуючи увагу на самих переміщеннях, а не на причинах цього руху. Вона слугує основою для вивчення механіки, оскільки знання кінематичних принципів дозволяє глибше аналізувати рух у фізичних системах. Основні поняття кінематики:

#### 2.1.1 Позиція

Визначає розташування об'єкта в просторі. У тривимірному просторі позиція описується трьома координатами:  $x$ ,  $y$  та  $z$ .

#### 2.1.2 Швидкість

Визначає, наскільки швидко змінюється положення об'єкта з плином часу. Швидкість може бути середньою (загальна зміна позиції протягом певного проміжку часу) або миттєвою (зміна положення в конкретний момент часу).

#### 2.1.3 Прискорення

Це показник зміни швидкості об'єкта з часом. Прискорення може бути позитивним (коли об'єкт збільшує швидкість) або негативним (коли об'єкт уповільнюється).

Знання цих понять є важливим для моделювання руху в тривимірному просторі, оскільки всі фізичні системи можуть бути охарактеризовані через ці основні елементи. [3]

## 2.2 Траєкторії руху в 3D просторі

Для опису траєкторії руху об'єктів у тривимірному просторі застосовуються математичні вектори. Кожен об'єкт має координати, які вказують на його розташування в просторі.

### 2.2.1 Векторний опис траєкторії

Траєкторія руху може бути представленою параметрично через функції координат від часу. Цей математичний підхід дає змогу змодельовати рух об'єкта в тривимірному просторі під впливом різних сил.

## 2.3 Типи руху

У тривимірному просторі об'єкти можуть здійснювати різні типи руху:

### 2.3.1 Прямолінійний

Об'єкт переміщається вздовж прямої лінії. У цьому випадку траєкторія описується простими рівняннями, які визначають зв'язок між координатами.

### 2.3.2 Криволінійний

Об'єкт переміщується по кривій. Це вимагає застосування більш складних математичних моделей, зокрема тригонометричних функцій, для опису цих кривих.

### 2.3.3 Обертальний

Об'єкти, що обертаються навколо осі. Основні параметри, які потрібно враховувати, — це кутова швидкість і момент інерції. Обертальний рух описується за допомогою кутових координат і може бути візуалізований через обертальні траєкторії. [24]

## **2.4 Використання 3D-моделювання в освіті**

3D-моделювання займає значне місце в навчальному процесі. Застосування 3D-об'єктів для ілюстрації траєкторій руху має багато переваг:

### **2.4.1 Візуалізація складних концепцій**

Завдяки тривимірним моделям студенти мають можливість наочно спостерігати, як змінюються траєкторії об'єктів під час їхнього руху, що сприяє більш глибокому розумінню кінематичних концепцій.

### **2.4.2 Інтерактивність**

Студенти мають можливість експериментувати з параметрами руху, що збільшує їхню зацікавленість у навчальному матеріалі. Наприклад, змінюючи початкову швидкість об'єкта, учні можуть спостерігати, як це впливає на його траєкторію.

### **2.4.3 Підвищення ефективності навчання**

Взаємодія з 3D-моделями сприяє кращому запам'ятовуванню матеріалу та розвитку просторового мислення у студентів. Візуалізація допомагає їм зрозуміти зв'язки між теоретичними концепціями та їх практичними застосуваннями.

## **2.5 Основні технології для 3D візуалізації**

Для генерації 3D візуалізацій траєкторій руху застосовуються різноманітні технології:

### **2.5.1 Графічний двигун Unity**

Одним з найвідоміших графічних двигунів, який дає змогу створювати інтерактивні 3D середовища. [17] є двигун Unity, який має розширену бібліотеку інструментів для моделювання, анімації та фізики.

### **2.5.2 Графічний двигун Unreal Engine**

Це ще один потужний графічний двигун Unreal Engine пропонує високу якість зображення та реалістичну фізику, він використовується в ігровій індустрії, але може застосовуватись в освітніх проектах.

### **2.5.3 Мова програмування C#**

Це головна мова програмування, що застосовується в Unity для створення скриптів, які управляють логікою програми, анімацією об'єктів і їх взаємодією.

### **2.5.4 Мова програмування C++**

Ця мова використовується в Unreal Engine для розробки складніших функцій і оптимізації, що забезпечує високу якість графіки та обчислень. [8]

## **2.6 Наукові дослідження в сфері 3D-візуалізації**

Нещодавні дослідження показують, що інтерактивні моделі можуть значно полегшити розуміння складних концепцій. Наукові роботи вказують на те, що студенти, які користуються 3D-інструментами, досягають кращих результатів у навчанні фізики. Дослідження, проведене в університетах, демонструє, що 3D-моделі покращують навчальні результати завдяки:

### **2.6.1 Покращення пам'яті**

Студенти запам'ятовують інформацію краще, коли візуалізують її.

### **2.6.2 Активне навчальне середовище**

Взаємодія з 3D-моделями сприяє залученню студентів у процес навчання.

### **2.6.3 Поліпшення навичок критичного мислення**

Студенти вчаться знаходити рішення через візуалізацію та експериментування. [18]

## **2.7 Виклики у використанні 3D-моделювання**

Хоча 3D-моделювання має багато переваг, його впровадження в навчальний процес також стикається з певними труднощами:

### **2.7.1 Витрати на розробку**

Розробка високоякісних 3D-моделей та програмного забезпечення може вимагати значних фінансових витрат.

### **2.7.2 Технічні навички**

Для роботи з 3D-інструментами та мовами програмування потрібні певні технічні знання.

### **2.7.3 Доступ до технологій**

Не всі навчальні заклади забезпечені необхідним програмним забезпеченням та апаратним забезпеченням. [4]

## **2.8 Висновки до розділу**

Застосування 3D-візуалізації для демонстрації траєкторій руху в задачах кінематики є вкрай важливим та перспективним напрямом. Це не тільки сприяє кращому розумінню фізичних концепцій, але й робить навчальний процес більш інтерактивним та захоплюючим. Однак для успішної реалізації проектів у цій сфері важливо враховувати наявні виклики.



## **РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦІЇ ТРАЄКТОРІЙ РУХУ В 3D ПРОСТОРІ**

### **3.1 Введення в розробку програмного забезпечення**

Процес створення програмного забезпечення для демонстрації траєкторій руху в задачах кінематики включає кілька етапів: від збору вимог і проектування до програмування та тестування. [29]

### **3.2 Збір вимог**

Перший етап розробки полягає у зборі вимог. Необхідно чітко визначити, які функціональні та нефункціональні вимоги повинно виконувати програмне забезпечення. [42] Серед основних функціональних вимог можна виділити:

#### **3.2.1 Візуалізація траєкторій**

Програмне забезпечення повинно забезпечувати відображення руху об'єктів у тривимірному просторі, включаючи різні типи траєкторій (прямолінійні, криволінійні та обертальні).

#### **3.2.2 Інтерактивність**

Користувач повинен мати змогу змінювати параметри руху (швидкість, прискорення) і спостерігати, як це впливає на траєкторії.

#### **3.2.3 Збереження та експорт даних**

Необхідна функція збереження налаштувань моделювання та можливість експорту результатів у поширені формати. [10]

### **3.3 Нефункціональні вимоги**

Нефункціональні вимоги включають:

#### **3.3.1 Продуктивність**

Програмне забезпечення повинно забезпечувати швидку обробку даних та відображення графіки без затримок.

#### **3.3.2 Сумісність**

ПЗ повинно підтримувати різні операційні системи (Windows, macOS, Linux).

#### **3.3.3 Зручність використання**

Інтерфейс повинен бути інтуїтивно зрозумілим та легким у використанні для користувачів без спеціальної підготовки.

### **3.4 Вибір технологій**

Для реалізації проекту було вибрано декілька технологій, які забезпечують потрібні функціональні можливості та продуктивність:

#### **3.4.1 Графічний двигун Unity**

Unity слугує основою для створення 3D-сцен. Цей двигун спрощує роботу з тривимірною графікою, має зручний інтерфейс та підтримує різні платформи.

#### **3.4.2 Мова програмування C#**

C# використовується для написання скриптів у Unity, що дозволяє реалізувати логіку руху, обробляти взаємодію з користувачем та управляти анімаціями. [7]

### **3.4.3 Blender**

Для створення 3D-моделей об'єктів застосовувався Blender — безкоштовний та відкритий інструмент для 3D-моделювання. Завдяки широкому спектру функцій Blender дозволяє створювати складні моделі та анімації. [5]

## **3.5 Проектування програмного забезпечення**

Проектування програмного забезпечення є ключовим етапом, оскільки на цьому етапі формується архітектура системи та структура інтерфейсу. Програма має модульну архітектуру, що складається з кількох основних компонентів:

### **3.5.1 Модуль візуалізації**

Цей модуль відповідає за відображення 3D-моделей і анімацій. Він забезпечує рендеринг об'єктів та їх траєкторій.

### **3.5.2 Модуль фізики**

Реалізує фізичні закони, які описують рух об'єктів у просторі. Він відповідає за розрахунки швидкості, прискорення та інших фізичних величин.

### **3.5.3 Модуль управління користувачем**

Даний модуль забезпечує інтерфейс для взаємодії з користувачем. Він включає обробку введення, налаштування параметрів моделювання та взаємодію з графічними елементами.

## **3.6 Проектування користувацького інтерфейсу**

Інтерфейс користувача був розроблений з акцентом на зручність і доступність. Основні компоненти інтерфейсу включають:

### **3.6.1 Головне меню**

Цей розділ надає доступ до основних функцій програми, таких як початкова сесія, налаштування параметрів та збереження проектів.

### **3.6.2 Панель налаштувань**

Дозволяє змінювати параметри моделювання, включаючи швидкість, прискорення, тип об'єкта, а також вибір різних форм траєкторій.

### **3.6.3 Вікно візуалізації**

Це основна зона, де представлена 3D-сцена. Вікно містить елементи управління для відтворення, паузи та зупинки моделювання, а також опції для регулювання кута огляду. [13]

## **3.7 Реалізація програмного забезпечення**

Реалізація програмного забезпечення охоплює кілька етапів, включаючи створення 3D-моделей, програмування механіки руху та інтеграцію з графічним двигуном.

3D-моделі були створені за допомогою Blender. Основні об'єкти, які були змодельовані:

### **3.7.1 Сфери**

Сфери використовуються для ілюстрації простих траєкторій руху, наприклад, рівномірного пересування по прямій.

### **3.7.2 Куби**

Куби застосовуються для демонстрації більш складних рухів, таких як рух з прискоренням або обертанням.

### **3.7.3 Траєкторії**

Траєкторії представляють собою лінії, що відображають шлях об'єктів під час руху. Вони можуть бути зображені у вигляді кривих, які задаються математичними функціями.

Процес моделювання в Blender охоплює створення базових форм, їх редагування, а також налаштування матеріалів і текстур для досягнення реалістичного вигляду.

## **3.8 Програмування логіки руху**

У модулі фізики було закладено логіку переміщення об'єктів. Основні елементи цього модуля включають:

### **3.8.1 Розрахунок швидкості та прискорення**

На основі заданих параметрів програма виконує обчислення нових координат об'єкта.

### **3.8.2 Анімація об'єктів**

Завдяки функціям Unity об'єкти анімуються відповідно до їх траєкторії. [14]

## **3.9 Інтеграція з графічним двигуном**

Unity пропонує значні можливості для поєднання фізики та анімації. Модулі програми були оптимізовані для забезпечення правильної взаємодії з графічним двигуном. Основні кроки інтеграції включають:

### **3.9.1 Створення сцени**

У Unity була розроблена сцена, де розміщуються всі 3D-моделі та елементи керування. [9]

### **3.9.2 Налаштування камери**

Камера була відрегульована для активного слідкування за об'єктами під час їхнього переміщення, що забезпечує комфортний огляд моделювання для користувача.

### **3.9.3 Оптимізація продуктивності**

Застосовувалися методи оптимізації, такі як зменшення кількості полігонів у моделях, щоб забезпечити безперервний рендеринг без затримок.

## **3.10 Тестування програмного забезпечення**

Перевірка програмного забезпечення є ключовим етапом, оскільки дає змогу виявити потенційні помилки та недоліки в роботі програми. Для цього були застосовані наступні методи тестування:

### **3.10.1 Функціональне тестування**

Перевіряється, чи відповідає програмне забезпечення заявленим вимогам.

### **3.10.2 Тестування продуктивності**

Оцінюється швидкість виконання програми, зокрема час реакції при зміні параметрів руху.

### **3.10.3 Тестування користувацького інтерфейсу**

Аналізується зручність та зрозумілість інтерфейсу для користувачів.

### **3.10.4 Результати тестування**

Тестування показало, що програмне забезпечення відповідає основним вимогам, невеликі помилки були виправлені, що призвело до покращення загальної продуктивності.[6]

### **3.11 Висновки до розділу**

У цьому розділі розглядається процес створення програмного забезпечення для демонстрації траєкторій руху в 3D-просторі. Наголошується на важливості ретельного аналізу вимог, вибору технологій, проектування архітектури та інтерфейсу. Також описуються етапи реалізації, тестування та оптимізації програми. Дані результати свідчать про успішне виконання проекту, який може бути застосований для навчальних цілей у галузі кінематики.

## **РОЗДІЛ 4. ФУНКЦІОНАЛЬНІ МОЖЛИВОСТІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ**

### **4.1 Введення**

Сьогодні інтерактивність та візуалізація навчальних матеріалів відіграють важливу роль у навчальному процесі. Розроблене програмне забезпечення для демонстрації траєкторій руху в кінематичних задачах відповідає цим вимогам, пропонуючи користувачам не лише теоретичні відомості, але й можливості для практичного експериментування. У цьому розділі буде розглянуто основні функціональні можливості програми, її здатність адаптуватися до різних рівнів навчання.

### **4.2 Основні функціональні можливості програми**

Програмне забезпечення для візуалізації траєкторій руху включає кілька основних функцій, які сприяють ефективному навчанню та легшому засвоєнню інформації. Однією з найважливіших можливостей є динамічне відображення траєкторій руху в режимі реального часу. Завдяки цій функції користувачі можуть спостерігати, як зміни в параметрах руху впливають на результати:

#### **4.2.1 Різні типи руху**

Програма надає можливість моделювати різні види руху, такі як прямолінійний, криволінійний і обертальний.



### **4.2.2 Вплив зовнішніх сил**

Користувачі можуть налаштовувати сили, що діють на об'єкти, наприклад, силу тяжіння. Це допомагає зрозуміти, як різні сили взаємодіють під час руху об'єктів.

### **4.2.3 Анімація**

Анімація доповнює візуалізацію завдяки чому спостереження стає більш зрозумілим і наочним, а також вона демонструє, як об'єкти взаємодіють в різних умовах.

## **4.3 Інтерактивність**

Важливим елементом навчального процесу являється інтерактивність, оскільки дозволяє користувачам активно взаємодіяти з моделями, що підвищує інтерес до навчання.

### **4.3.1 Зміна параметрів у реальному часі**

Користувачі можуть змінювати такі параметри, як швидкість, прискорення та початкові координати об'єктів прямо під час моделювання. Це дозволяє миттєво спостерігати, як ці налаштування впливають на результати. [12]

### **4.3.2 Сенсорні елементи управління**

Завдяки кнопкам, повзунки та іншим елементам керування, інтерфейс спрощує налаштування параметрів.

### **4.3.3 Інтерактивні підказки**

Програма оснащена вбудованими підказками, які пояснюють, як користуватися інструментами, що робить навчання більш доступним та зручним.

## **4.4 Порівняння різних сценаріїв**

Програмне забезпечення дозволяє проводити порівняння між різними сценаріями руху:

### **4.4.1 Паралельні моделі**

Користувачі можуть одночасно запускати кілька моделей і порівнювати результати.

### **4.4.2 Аналіз результатів**

Програма дозволяє зберігати дані про рух об'єктів і експортувати їх для подальшого аналізу. Це забезпечує можливість аналізувати дані в зовнішніх програмах, як-от Excel, для побудови графіків або таблиць. [11]

### **4.4.3 Візуалізація графіків**

Для глибшого розуміння програма може створювати графіки, що показують залежності між різними параметрами, наприклад, між швидкістю і часом або прискоренням і шляхом.

## **4.5 Адаптивність програми для різних рівнів навчання**

Програмне забезпечення повинно адаптуватися до користувачів з різним рівнем знань.

### **4.5.1 Для початківців**

Програма надає новачкам зручні функції, що допомагають швидко освоїти основи кінематики:

#### **4.5.1.1 Готові шаблони**

Користувачі можуть обирати з попередньо налаштованих шаблонів моделей для швидкого запуску демонстрацій.

#### **4.5.1.2 Інструкції та навчальні матеріали**

У програму можуть бути вбудовані короткі відео, текстові підказки або анімації – інтегровані навчальні матеріали, які пояснюють ключові фізичні концепції.

#### **4.5.1.3 Поступове ускладнення задач**

Програма дозволяє поступово переходити від простих сценаріїв до більш складних, сприяючи поступовому розвитку навичок у користувачів.

#### **4.5.2 Для просунутих користувачів**

Для досвідчених студентів існують функції, які дозволяють їм глибше зануритися у тему.

**4.5.2.1 Гнучке налаштування:** користувачам надається можливість самостійно задавати всі параметри моделювання — від вибору об'єктів до встановлення початкових умов. [38]

**4.5.2.2 Складні сценарії:** програма дозволяє створювати складніші моделі, що включають комбінації різних видів руху та взаємодії між об'єктами.

**4.5.2.3 Аналіз даних:** функція експорту отриманих результатів у зручні формати надає можливості для поглибленого аналізу.

### **4.6 Можливі сценарії застосування в освітньому процесі**

Дане програмне забезпечення може слугувати корисним інструментом для викладачів і студентів у різних навчальних ситуаціях, роблячи процес навчання більш універсальним та інтерактивним:

#### **4.6.1 Лекції та семінари**

Програму можна активно використовувати в ході лекцій.

##### **4.6.1.1 Візуалізація теорії**

Викладач може демонструвати динамічні моделі під час подання нового матеріалу, що сприяє кращому засвоєнню теоретичних понять студентами через візуалізацію.

#### **4.6.1.2 Аналіз і обговорення результатів**

За допомогою програми викладач може ініціювати дискусії, заохочуючи студентів до спільного аналізу отриманих даних, розвиваючи критичне мислення та глибше розуміння теми.

### **4.7 Лабораторні заняття**

Програма може стати основою для лабораторних робіт.

#### **4.7.1 Кінематичні експерименти**

Студенти мають можливість самостійно проводити експерименти, змінюючи різні параметри та спостерігаючи за наслідками.[39]

#### **4.7.2 Командні дослідження**

Використання програми в груповій роботі може сприяти розвитку командних навичок і обміну знаннями. Кожна команда може реалізовувати власний проект, використовуючи програму для досягнення специфічних цілей.

### **4.8 Дистанційне навчання**

З ростом популярності дистанційного навчання, програма може бути застосована в онлайн-курсах:

#### **4.8.1 Доступ до навчальних ресурсів**

Студенти можуть легко входити в програмне забезпечення з будь-якої точки, що забезпечує їм можливість навчатися в зручний для них час.

### **4.8.2 Віртуальні семінари**

Викладачі мають змогу організовувати віртуальні семінари з використанням цієї програми, що сприяє інтерактивному обговоренню матеріалу.[40]

## **4.9 Висновки до розділу**

Розроблене програмне забезпечення для візуалізації траєкторій руху в тривимірному просторі має широкий спектр функціональних можливостей, що забезпечують гнучкість і зручність для користувачів з різними рівнями знань. Адаптивність та інтерактивність цієї програми роблять її важливим інструментом у навчанні. Це дає можливість викладачам і студентам взаємодіяти з навчальним матеріалом на новому рівні, що може суттєво підвищити ефективність процесу навчання.

Програмне забезпечення відкриває нові горизонти для вивчення кінематики, дозволяючи не лише спостерігати, але й активно досліджувати фізичні принципи. Його інтеграція в навчальний процес може значно покращити розуміння складних концепцій та сприяти більш глибокому засвоєнню знань.

## **РОЗДІЛ 5. ВИКЛИКИ ТА БАР'ЄРИ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ**

### **5.1 Введення**

Введення нових технологій в освітній процес здатне значно підвищити якість навчання, але цей процес часто супроводжується рядом труднощів і перешкод. До основних проблем, з якими зіштовхуються навчальні заклади під час інтеграції програмного забезпечення для візуалізації траєкторій руху відносяться:

### **5.2 Технічні бар'єри**

#### **5.2.1 Інфраструктура**

Для ефективного впровадження програмного забезпечення важливо мати відповідну технічну інфраструктуру, яка включає:

##### **5.2.1.1 Обладнання**

Навчальні заклади, часто стикаються з недостатньою кількістю комп'ютерів, проекторів та інтерактивних панелей. Відсутність сучасних пристроїв може суттєво обмежити можливості впровадження нових технологій. [41]

##### **5.2.1.2 Інтернет-з'єднання**

Ненадійне або повільне інтернет-з'єднання може негативно вплинути на ефективність використання програмного забезпечення, оскільки для роботи

з інтерактивними елементами зазвичай потрібен швидкісний доступ до мережі.

### **5.2.1.3 Сумісність програмного забезпечення**

Конфлікти між новими програмними продуктами та застарілими системами можуть викликати технічні збої, тому нове програмне забезпечення повинно відповідати існуючим платформам.

## **5.3 Технічні труднощі**

Окрім проблем, пов'язаних з інфраструктурою, існують також технічні виклики:

### **5.3.1 Збої в роботі програмного забезпечення**

Технічні проблеми можуть призвести до втрати даних або неналежного функціонування програми, що матиме негативний вплив на навчальний процес.

### **5.3.2 Необхідність регулярних оновлень**

Програмне забезпечення потребує частого оновлення для відповідності новим стандартам безпеки та функціональності, що може призвести до додаткових витрат і вимагати часу. [37]

## **5.4 Сопротивлення змін**

### **5.4.1 Психологічні бар'єри**

Впровадження нових технологій може зіткнутися з опором з боку викладачів і студентів:

#### **5.4.1.1 Скептицизм викладачів**

Деякі викладачі можуть проявляти сумніви щодо нових навчальних методів, вважаючи, що традиційні підходи є більш ефективними, що призводить до небажання впроваджувати нове програмне забезпечення.

#### **5.4.1.2 Страх перед змінами**

Зміни в навчальному процесі можуть викликати тривогу у студентів. Вони можуть відчувати незадоволеність новими вимогами або складнощами, пов'язаними із застосуванням нових технологій.

#### **5.4.1.3 Низька мотивація до навчання**

Якщо нові технології не демонструють значних переваг у порівнянні з традиційними методами, студенти можуть не відчувати бажання їх використовувати. Важливо знайти способи, щоб продемонструвати, як нові технології можуть сприяти досягненню кращих результатів у навчанні.

### **5.5 Фінансові аспекти**

Впровадження нових технологій зазвичай передбачає значні фінансові витрати:

#### **5.5.1 Витрати на обладнання**

Закупівля нових комп'ютерів, проекторів, інтерактивних панелей та іншого обладнання може вимагати значних фінансових ресурсів, які не завжди є в розпорядженні навчальних закладів.

#### **5.5.2 Витрати на навчання**

Введення програмного забезпечення також вимагає навчання як викладачів, так і студентів. Потребуються додаткові витрати на проведення семінарів, тренінгів та воркшопів. [35]



### **5.5.3 Необхідність підготовки**

Успішне впровадження нових технологій вимагає ретельної підготовки викладачів і студентів:

## **5.6 Підготовка викладачів**

Викладачі повинні пройти спеціальне навчання, щоб ефективно використовувати нове програмне забезпечення. Це може включати:

### **5.6.1 Тренінги та семінари**

Організація спеціалізованих заходів для підготовки викладачів до роботи з новими технологіями.

### **5.6.2 Підтримка з боку адміністрації**

Важливо, щоб адміністрація навчального закладу активно підтримувала викладачів у процесі впровадження нових технологій.

## **5.7 Підготовка студентів**

Студенти також повинні отримати належну підготовку для роботи з новими технологіями:

### **5.7.1 Введення в курс**

Проведення вступних занять, на яких студенти ознайомлюються з новими технологіями та їх використанням.

### **5.7.2 Індивідуальна підтримка**

Створення можливостей для отримання індивідуальної допомоги для студентів, які мають труднощі у засвоєнні нових технологій. [30]

## 5.8 Висновки до розділу

Впровадження сучасних технологій, а в даному випадку впровадження програмного забезпечення для демонстрації траєкторій руху, зазнає численних труднощів та перешкод на своєму шляху. Це і технічні складнощі і опір з боку викладачів і студентів і великі фінансові витрати, а також потреба в підготовці всіх учасників освітнього процесу, можуть суттєво ускладнити цей процес.

Проте, незважаючи на це подолання цих викликів відкриває можливості для значного покращення навчання, роблячи його більш інтерактивним, доступним і ефективним. Вкрай важливо розробити ефективні стратегії для вирішення вказаних проблем, щоб повною мірою реалізувати потенціал нових технологій у сфері освіти задля подальшого розвитку науки.

## **РОЗДІЛ 6. ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТА ІНТЕГРАЦІЇ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**

### **6.1 Введення**

За для активного залучення студентів в освітній процес у сучасному навчальному середовищі важливо не лише забезпечити доступ до навчальних матеріалів, але й створити інструменти. Програмне забезпечення для візуалізації траєкторій руху в задачах кінематики вже сьогодні є провідною частиною цього процесу. У цьому розділі ми розглянемо можливості подальшого вдосконалення програмного забезпечення, його інтеграцію з іншими системами, а також його потенційну роль у майбутньому навчанні.

### **6.2 Можливості подальшого розвитку програмного забезпечення**

Створене програмне забезпечення володіє значними можливостями для подальшого розвитку, що може суттєво покращити його ефективність у навчальному процесі.

#### **6.2.1 Розширення функціоналу**

Впровадження нові функції може суттєво покращити програму, що збагатить навчальний досвід.

#### **6.2.2 Додавання нових модулів**

Розширення програмного забезпечення шляхом інтеграції нових модулів, які охоплюватимуть інші фізичні дисципліни, такі як динаміка, оптика та електродинаміка. Це допоможе створити всебічний освітній ресурс, який покриватиме більшість тем навчальної програми. [36]

### **6.2.3 Сценарії для досліджень**

Інтеграція модулів, що дозволяють студентам проводити експерименти, сприятиме розвитку їхніх дослідницьких навичок.

### **6.2.4 Розробка курсів**

Реалізація можливості створення курсів на основі програми з функцією тестування та сертифікації. Це може бути здійснено у вигляді інтерактивних навчальних модулів, які нададуть вчителям можливість формувати індивідуальні навчальні плани для своїх учнів.

## **6.3 Інтеграція з сучасними технологіями**

Сучасні технології відкривають нові можливості для вдосконалення освітніх інструментів. Важливо впроваджувати інноваційні рішення у процесі розробки програмного забезпечення:

### **6.3.1 Штучний інтелект**

Використання штучного інтелекту може забезпечити персоналізацію навчального процесу, налаштовуючи навчальні маршрути відповідно до індивідуальних потреб учнів.

### **6.3.2 Віртуальна реальність (VR)**

Інтеграція VR-технологій відкриває нові горизонти для навчання. Учні зможуть взаємодіяти з віртуальними об'єктами, досліджуючи фізичні закони у тривимірному просторі. Це надасть можливість вивчати складні концепції в ігровій формі, що робить навчання більш захоплюючим і продуктивним. [34]

### **6.3.3 Доповнена реальність (AR)**

Використання доповненої реальності для візуалізації траєкторій руху в реальному середовищі дозволить студентам спостерігати, як фізичні закони функціонують у повсякденному житті.

## **6.4 Інтеграція з іншими системами**

Щоб забезпечити високу ефективність, програмне забезпечення повинно мати можливість інтегруватися з іншими системами, які використовуються в освітньому процесі.

### **6.4.1 Платформи для дистанційного навчання**

Інтеграція програмного забезпечення з платформами для управління навчанням (LMS) є ключовим кроком для забезпечення доступу до навчальних матеріалів:

#### **6.4.1.1 Управління навчальним контентом**

Завдяки цій інтеграції, викладачі зможуть безпосередньо вставляти візуалізації та моделі у свої курси, що зробить їх більш зручними для студентів. Це також дозволяє зберігати всі матеріали в одному місці, спрощуючи їх отримання.

#### **6.4.1.2 Відстеження прогресу**

Викладачі матимуть змогу контролювати успішність студентів та аналізувати їх результати через LMS, що дасть можливість своєчасно виявляти труднощі та надавати необхідну допомогу. [33]

### **6.4.2 Співпраця з освітніми установами**

Співпраця з освітніми установами може значно поліпшити якість програми:

#### **6.4.2.1 Пілотні проекти**

Впровадження програми в рамках пілотних проектів дозволить отримати відгуки від користувачів і внести необхідні зміни. Це також допоможе визначити як сильні, так і слабкі сторони програми.

#### **6.4.2.2 Впровадження в навчальні програми**

Співпраця з освітніми закладами для включення програми до навчальних планів може гарантувати актуальність і корисність навчальних матеріалів. Наприклад, навчальні заклади можуть використовувати дане програмне забезпечення для доповнення традиційних лекцій, що підвищить зацікавленість студентів у навчанні.

### **6.5 Роль у майбутньому навчанні**

Програмне забезпечення для візуалізації траєкторій руху в задачах кінематики має потенціал стати важливим елементом у системі освіти майбутнього:

#### **6.5.1 Інтерактивні навчальні середовища**

Сучасні технології в освіті змінюють підходи до навчання, роблячи його більш інтерактивним.

**6.5.1.1 Гейміфікація:** Впровадження ігрових елементів у навчальний процес може підвищити мотивацію студентів. Наприклад, створення змагань в рамках програми, де учні змагаються у вирішенні завдань, може стимулювати глибше засвоєння матеріалу.

**6.5.1.2 Спільне навчання:** Програмне забезпечення може сприяти командній роботі, дозволяючи студентам спільно працювати над проектами, обмінюватися ідеями та знаходити рішення. Це сприяє розвитку комунікаційних навичок та духу співпраці. [32]

## **6.6 Персоналізоване навчання**

Завдяки новітнім технологіям, майбутнє освіти стане ще більш індивідуалізованим:

### **6.6.1.1 Адаптивні технології**

Застосування адаптивних технологій відкриє можливості для створення персоналізованих навчальних планів. Студенти зможуть навчатися в зручному для себе темпі, що сприятиме більш ефективному засвоєнню матеріалу.

### **6.6.1.2 Доступ до ресурсів**

Розробка програмного забезпечення, яке надає доступ до різноманітних навчальних матеріалів, може заохотити студентів до самостійної роботи. Наприклад, учні зможуть отримувати доступ до додаткових відео, статей або інтерактивних завдань, що допоможе їм глибше опанувати тему. [31]

## **6.7 Висновки до розділу**

Створене програмне забезпечення для візуалізації траєкторій руху в кінематичних задачах демонструє значний потенціал для подальшого розвитку. Його можливості вдосконалення, а також інтеграція з сучасними технологіями та системами управління навчанням відкривають нові перспективи для впровадження у навчальний процес. У майбутньому ця програма може стати ключовим інструментом для забезпечення якісної освіти, сприяючи інтерактивності, персоналізації та легкому доступу до навчальних матеріалів.

Завдяки цим інноваціям, програмне забезпечення має всі шанси стати невід'ємною частиною сучасного освітнього середовища, підтримуючи

ефективність навчання і заохочуючи студентів до активного вивчення фізичних законів та їх практичного застосування в реальному житті.



## **ВИСНОВКИ**

У процесі дослідження теми "3D об'єкти демонстрації траєкторій руху в задачах кінематики" було проведено детальний аналіз значення та впливу нових технологій на навчальний процес. Результати роботи підтвердили, що інтеграція 3D-моделей та відповідного програмного забезпечення може суттєво покращити розуміння кінематичних концепцій, підвищити зацікавленість студентів у навчанні та спростити сприйняття складних фізичних явищ.

### **Актуальність дослідження**

Актуальність дослідження обумовлена потребою в сучасних методах викладання фізики та необхідністю підвищення ефективності навчального процесу. Використання 3D-об'єктів надає нові можливості для візуалізації фізичних процесів, що сприяє кращому засвоєнню матеріалу.

### **Мета і завдання дослідження**

Метою дослідження було розробити програмне забезпечення для демонстрації траєкторій руху об'єктів у задачах кінематики. З цією метою було поставлено ряд завдань, таких як аналіз існуючих технологій, розробка 3D-моделей та оцінка ефективності нового програмного забезпечення.

### **Основні результати**

- 1. Розробка програмного забезпечення:** В успішному впровадженні нового програмного забезпечення для демонстрації траєкторій руху об'єктів. Було створено інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, що забезпечує зручність використання як для викладачів, так і для студентів.
- 2. Ефективність використання:** Проведені експерименти показали, що студенти, які використовували 3D-моделі у навчальному процесі,

продемонстрували кращі результати в розумінні кінематичних принципів порівняно з тими, хто навчався традиційними методами.

3. **Аналіз викликів:** Було виявлено ряд викликів, пов'язаних з впровадженням нових технологій, зокрема технічні бар'єри, опір з боку користувачів, фінансові витрати та необхідність підготовки викладачів і студентів. Ці аспекти потребують уваги з боку адміністрації навчальних закладів для забезпечення успішної інтеграції технологій.

### **Практичне значення результатів**

Практичне значення отриманих результатів полягає в можливості використання розробленого програмного забезпечення в навчальному процесі для покращення викладання фізики. Інтеграція 3D-технологій у навчання може стати основою для впровадження нових методик, які враховують потреби сучасних студентів.

### **Перспективи подальших досліджень**

Подальші дослідження можуть бути зосереджені на вдосконаленні програмного забезпечення, інтеграції його в різні навчальні курси та вивченні впливу нових технологій на інші предмети. Важливо продовжувати дослідження щодо оптимізації процесу навчання та розробки нових методик, які дозволять максимально ефективно використовувати потенціал сучасних технологій.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Theoretical Kinematics (Dover Books on Physics) Revised ed. Edition by O. Bottema (Author), V. Roth (Author), 18 січня, 2012 р. 592 с.
2. Kinematics, Dynamics, and Design of Machinery 3rd Edition, Kindle Edition by Kenneth J. Waldron (Author), Gary L. Kinzel (Author), Sunil K. Agrawal (Author) 10 травня, 2016 р. 708 с.
3. 3D Kinematics 1st ed. 2018 Edition, Kindle Edition by Thomas Haslwanter (Author) 30 грудня, 2018 р. 291 с.
4. Blender 3D By Example: A project-based guide to learning the latest Blender 3D, EEVEE rendering engine, and Grease Pencil, 2nd Edition by Oscar Baechler (Author), Xury Greer (Author) 29 травня, 2020 р. 660 с.
5. Blender 3D Incredible Models: A comprehensive guide to hard-surface modeling, procedural texturing, and rendering 19 серпня 2022 р. 387 с.
6. Blender All-in-One For Dummies by Jason van Gumster (Author) 30 квітня 2024 р. 768 с.
7. C++ All-in-One For Dummies by John Paul Mueller (Author) 7 січня 2021 р. 912 с.
8. Tour of C++, A (C++ In-Depth Series) by Bjarne Stroustrup (Author) 24 вересня 2022 р. 320 с.
9. Beginning C++ Game Programming - Third Edition: Learn C++ from scratch by building fun games by John Horton (Author) 31 травня 2024 р. 648 с.
10. Effective Software Testing: A Developer's Guide Maurizio Aniche (Author), Adam Newmark (Narrator), Manning Publications (Publisher) 29 червня 2022 р. 328 с.
11. The Complete Software Tester: Concepts, Skills, and Strategies for High-Quality Testing by Kristin Jackvony (Author) 30 серпня 2022 р. 512 с.

12. Software Testing Strategies: A testing guide for the 2020s by Matthew Heusser (Author), Michael Larsen (Author) 22 грудня 2023 р. 378 с.
13. 3D Game Engine Architecture: Engineering Real-Time Applications with Wild Magic (The Morgan Kaufmann Series in Interactive 3D Technology) 1st Edition by David Eberly (Author) 17 грудня 2004 р. 752 с.
14. Learning C# by Developing Games with Unity - Seventh Edition: Get to grips with coding in C# and build simple 3D games in Unity 2023 from the ground up 7th ed. Edition by Harrison Ferrone (Author) 29 листопада 2022 р. 466 с.
15. В.О. Приятельчук, В.І. Риндюк, В.О. Федотов. Кінематика. Теоретична механіка. [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http://moodle.nati.org.ua/pluginfile.php/15099/mod\\_resource/content/1/PriyatRyndFedotov\\_TM\\_kinematykaRGR.pdf](http://moodle.nati.org.ua/pluginfile.php/15099/mod_resource/content/1/PriyatRyndFedotov_TM_kinematykaRGR.pdf) (дата звернення: 10.05. 2024)
16. РЕЙТІЙ О.К. ТЕОРЕТИЧНА МЕХАНІКА [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://btpm.nmu.org.ua/ua/download/navch-posib/%D0%A0%D0%B5%D0%B9%D1%82%D1%96%D0%B9.%20%D0%A2%D0%B5%D0%BE%D1%80.%20%D0%BC%D0%B5%D1%85.%20%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4.%20%D0%BF%D0%BE%D1%81%D1%96%D0%B1%20%D0%B7%20%D0%9B%D0%A0.pdf> (дата звернення: 15.05. 2024)
17. 3dway. 3D-візуалізація [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://3dway.com.ua/blog/3d-visualization> (дата звернення: 20.05. 2024)
18. Adobe. Посібник із 3D-візуалізації. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.adobe.com/ua/products/substance3d/discover/3d-rendering.html> (дата звернення: 25.05. 2024)
19. Wikipedia. Історія комп'ютерної анімації. [Електронний ресурс] – Режим доступу:

[https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%86%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%80%D1%96%D1%8F\\_%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%27%D1%8E%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%BE%D1%97\\_%D0%B0%D0%BD%D1%96%D0%BC%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%97](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%86%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%80%D1%96%D1%8F_%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%27%D1%8E%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%BE%D1%97_%D0%B0%D0%BD%D1%96%D0%BC%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%97) (дата звернення: 01.06. 2024)

20. Cgischool. Програми для створення 3D графіки: найпопулярніший софт для різних задач. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://cgischool.ua/programy-dlia-stvorennia-3d-grafiky/> (дата звернення: 05.06. 2024)
21. Романчук Ольга. Декілька найкращих програм для 3D-моделювання для приголомшливих візуальних ефектів. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://diysno.com/dekilka-najkrashhyh-program-dlya-3d-modelyuvannya-dlya-prygomshlyvyh-vizualnyh-efektiv/> (дата звернення: 10.06. 2024)
22. Генрі Купер. 8 найкращих БЕЗКОШТОВНИХ програм для 3D-моделювання для ПК (2024) [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.guru99.com/uk/best-free-3d-modeling-software.html> (дата звернення: 15.06. 2024)
23. Нестерчук Анастасія. МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ НАВЧАННЯ ІНФОРМАТИКИ УЧНІВ З ОСОБЛИВИМИ ОСВІТНІМИ ПОТРЕБАМИ [Електронний ресурс] – Режим доступу: [https://iktmvi.rshu.edu.ua/files/konf/Zbirnyk\\_ITvPD\\_Rivne\\_1-11-2023.pdf#page=166](https://iktmvi.rshu.edu.ua/files/konf/Zbirnyk_ITvPD_Rivne_1-11-2023.pdf#page=166) (дата звернення: 20.06. 2024)
24. Wikipedia. Кінематика. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D1%96%D0%BD%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0> (дата звернення: 25.06. 2024)

25. Національний авіаційний університет. Лекція 6.4-6.5 ТРИВИМІРНА ГРАФІКА. [Електронний ресурс] – Режим доступу: [https://www.ans.nau.edu.ua/main/study/pages/3/%D0%9B%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D1%97/%D0%9C%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BB%D1%8C%202/%D0%98T%20%D0%9B%202\\_5-2\\_6%20Znakovskaya.ppt](https://www.ans.nau.edu.ua/main/study/pages/3/%D0%9B%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D1%97/%D0%9C%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BB%D1%8C%202/%D0%98T%20%D0%9B%202_5-2_6%20Znakovskaya.ppt) (дата звернення: 01.07. 2024)
26. Анастасія Підгорна. 3D – революція з доповненою реальністю. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://arbook.info/3d-revolycziya-z-dopovnenoyu-realnistyu/> (дата звернення: 05.07. 2024)
27. Oxvisual. Візуалізація в дизайні. 3d Архітектурна Візуалізація. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://oxvisual.com/ua/blog/3d-architectural-rendering-process> (дата звернення: 10.07. 2024)
28. Помогаєв К. О., Толстолузька О. Г., Артюх О. А. Дослідження можливостей моделі 3d-візуалізації навчальних приміщень кафедри. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://periodicals.karazin.ua/mia/article/download/21428/19980/> (дата звернення: 15.07. 2024)
29. Acode Урок №3. Введення в розробку програмного забезпечення. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://acode.com.ua/urok-3-vvedennya-v-rozrobku-programnogo-zabezpechennya/> (дата звернення: 20.07. 2024)
30. Книга Якова Крамаренка. Вступ до Розробки Програмного Забезпечення. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://autotest.how/intro-to-software-development-uk> (дата звернення: 25.07. 2024)
31. Wikipedia. Аналіз вимог. [Електронний ресурс] – Режим доступу <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D>

[1%96%D0%B7\\_%D0%B2%D0%B8%D0%BC%D0%BE%D0%B3](#) (дата звернення: 01.08. 2024)

32. Visuresolutions. Аналіз вимог. [Електронний ресурс] – Режим доступу:

<https://visuresolutions.com/uk/%D0%BF%D0%BE%D1%81%D1%96%D0%B1%D0%BD%D0%B8%D0%BA-%D0%B7-%D0%B2%D1%96%D0%B4%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D1%83%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D1%96%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D0%B2%D0%B8%D0%BC%D0%BE%D0%B3%D0%B0%D0%BC%D0%B8/%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%96%D0%B7-%D0%B2%D0%B8%D0%BC%D0%BE%D0%B3/> (дата звернення: 05.08. 2024)

33. Wezom. Проектування програмного забезпечення [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://wezom.com.ua/ua/blog/proektirovanie-programmnogo-obespecheniya> (дата звернення: 10.08. 2024)

34. Опорний конспект лекцій. Архітектура та проектування програмного забезпечення. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://dspace.wunu.edu.ua/bitstream/316497/24194/1/%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%B9%20%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82%20%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D0%B9.pdf> (дата звернення: 15.08. 2024)

35. С. С. Бучик Р. В. Нетребко. Реалізація програмного забезпечення визначення функціональних профілів та рівня гарантій автоматизованих систем від несанкціонованого доступу [Електронний ресурс] – Режим доступу:

<https://dspace.kntu.kr.ua/server/api/core/bitstreams/509fd318-fcbc-4cf1-af03-45a87321500b/content> (дата звернення: 20.08. 2024)

36. Foxminded. Тестування програмного забезпечення: типи, види та застосування [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://foxminded.ua/testuvannia-prohramnoho-zabezpechennia/> (дата звернення: 25.08. 2024)
37. Дмитрий Донич. Основи QA [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://lemon.school/blog/osnovy-qa> (дата звернення: 01.09. 2024)
38. Основні функціональні можливості програми [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://foxminded.ua/funktsionalne-prohramuvannia/> (дата звернення: 05.09. 2024)
39. Анна Ляшенко. Що таке адаптивні технології та як ними користуватися [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://blog.ed-era.com/adaptivni-technologii/> (дата звернення: 10.09. 2024)
40. О.В Патлайчук. ПОТЕНЦІЙНІ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://eir.nuos.edu.ua/bitstreams/f51ba2c9-2dc0-4d25-89b9-11fdf277e6f4/download#page=760> (дата звернення: 15.09. 2024)
41. М. Ф Бирка. Бар'єри, виклики та принципи ефективної реалізації STEM-освіти в Україні [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http://jnas.nbuu.gov.ua/j-pdf/snjasu\\_2018\\_13\\_4.pdf](http://jnas.nbuu.gov.ua/j-pdf/snjasu_2018_13_4.pdf) (дата звернення: 20.09. 2024)
42. Приймак, Роман Сергійович. Технологія розробки ігрового додатку в середовищі Unity 3D з використанням піксельної графіки [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://dspace.nau.edu.ua/handle/NAU/45191> (дата звернення: 01.10. 2024)