

ПОЛТАВСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТОРГІВЛІ

Навчально-науковий інститут денної освіти  
Форма навчання денна  
Кафедра комп'ютерних наук та інформаційних технологій

Допускається до захисту  
Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ Олена ОЛЬХОВСЬКА  
(підпис)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_ р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на тему

**«АЛГОРИТМІЗАЦІЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ВІРТУАЛЬНОГО НАВЧАЛЬНОГО  
ЗАСТОСУНКУ ДИСТАНЦІЙНОГО КУРСУ «АЛГЕБРА ТА ГЕОМЕТРІЯ»  
З ТЕМИ «КУБІЧНІ МНОГОЧЛЕНИ, ЇХ КОРЕНІ»**

зі спеціальності 122 Комп'ютерні науки  
освітня програма «Комп'ютерні науки»  
ступеня магістра

**Виконавець роботи** Омельченко Богдан Юрійович

\_\_\_\_\_ «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 р.  
(підпис)

**Науковий керівник** к.ф.-м.н., доц., Парфьонова Тетяна Олександрівна

\_\_\_\_\_ «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 р.  
(підпис)

**Рецензент** \_\_\_\_\_

**ПОЛТАВА 2024**

## ЗМІСТ

|                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ,<br>ТЕРМІНІВ ..... | 3  |
| ВСТУП.....                                                                 | 4  |
| 1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ .....                                                 | 5  |
| 2. ІНФОРМАЦІЙНИЙ ОГЛЯД.....                                                | 9  |
| 2.1 Огляд існуючих аналогів програмного тренажеру .....                    | 9  |
| 2.2 Огляд програмних засобів .....                                         | 14 |
| 3. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА.....                                                 | 16 |
| 3.1 Опис роботи алгоритму розв'язування задач методом Кардано .....        | 19 |
| 3.2 Алгоритмізація роботи програми .....                                   | 19 |
| 3.3 Розробка блок-схеми алгоритму .....                                    | 25 |
| 3.4 Обґрунтування програмних засобів .....                                 | 27 |
| 4. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА .....                                                 | 31 |
| 4.1 Опис процесу програмної розробки .....                                 | 31 |
| 4.2 Опис роботи програми та інструкція користувача .....                   | 37 |
| 4.3 Перевірка валідності програми .....                                    | 44 |
| ВИСНОВКИ.....                                                              | 46 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....                                           | 47 |
| ДОДАТОК А. КОД ПРОГРАМИ.....                                               | 48 |

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

| Умовні позначення, символи,<br>скорочення, терміни | Пояснення умовних позначень,<br>скорочень, символів                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| C#                                                 | Об'єктно-орієнтована з<br>можливостями<br>мультиплатформеності, має сильну<br>типізацію, легка в інтеграції та з<br>широкою спільнотою розробників<br>мова програмування, яка була<br>створена компанією Microsoft.<br>Спектр використання дуже<br>обширний починаючи з веб розробки<br>та закінчуючи іграми, десктопними<br>програмами для різних платформ. |
| Framework                                          | Фреймворк - це структура або<br>основа, яка надає загальні принципи<br>для вирішення конкретних проблем<br>чи для розвитку програмного<br>забезпечення. Іншими словами, це<br>набір узагальнених інструментів,<br>бібліотек, правил та стандартів, які<br>допомагають розробникам швидше і<br>ефективніше створювати програми.                               |

## ВСТУП

На сьогоднішній день система освіти наповнена широким та різноманітним спектром методів та засобів, головна мета якої – якість навчання. Серед вирішальних аспектів можна виділити: комфорт, ергономічність, швидкодію, ефективність та актуальність матеріалу. Найкращий сучасний метод, який буде уособлювати всі необхідні аспекти та принципи, – це навчальний тренажер.

Актуальні навчальні тренажери дозволяють студентам удосконалювати та опановувати та закріплювати нові знання завдяки простому використанню через зрозумілий інтерфейс. У рамках даного проекту ми розглянемо створення навчального тренажера з предмету "Алгебра та геометрія" на тему "Кубічні многочлени та їх корені", використовуючи мову програмування C# та інтегроване середовище розробки Visual Studio.

Мета роботи – алгоритмізація та програмна реалізація віртуального навчального за стосунку з курсу "Алгебра та геометрія" за темою: "Кубічні многочлени, їх корені".

Об'єкт розробки – створення алгоритму навчального тренажера, його програмна реалізація на базі мови програмування C# та середовища розробки Visual Studio дистанційного курсу "Алгебра та геометрія".

Предмет розробки – програма-тренажер для дистанційного навчального курсу "Алгебра та геометрія" за темою "Кубічні многочлени, їх корені".

Головне завдання – це алгоритмізація та програмування навчального тренажера за темою: "Кубічні многочлени, їх корені" з курсу "Алгебра та геометрія".

*Перелік використаних методів дослідження полягає у аналізі теоретичних джерел, їх опрацювання з курсу "Алгебра та геометрія" за темою: "Кубічні многочлени, їх корені", які в подальшому застосуються для програмної реалізації програми-тренажера.*

*У ході програмної реалізації використовувалась мова C# та середовище для створення візуальних програм Visual Studio 2022.*

Новизна роботи – створення актуального навчального тренажера-застосунка для дистанційного курсу "Алгебра та геометрія" за темою: "Кубічні многочлени, їх корені" відповідає всім вимогам сьогодення для оптимального, ефективного опанування знань, також запроваджена простим та сучасним дизайном для комфортного навчання.

Практична цінність – складає собою гідний продукт для інтеграції у дистанційний навчальний курс, унікальна розробка завдань та підготовка теоретичного матеріалу з поясненнями для зручного опрацювання та здобуття знань за темою: "Кубічні многочлени, їх корені" дистанційного курсу "Алгебра та геометрія".

Програма-тренажер готова до використання пройшовши необхідні тести та валідацію, повністю відповідаючи постановленій задачі.

Кваліфікаційна робота складається з трьох розділів. У першому розділі представлена постановка задачі. У другому розділі представлено інформаційний огляд матеріалу з теми, а саме: огляд існуючих аналогів програмного тренажера та огляд програмних засобів для програмної реалізації. У третьому розділі представлено теоретичну частину, а саме: опис роботи алгоритму розв'язування задач методом Кардано, алгоритмізація роботи програми, розробка блок-схеми алгоритму та обґрунтування програмних засобів. У четвертому розділі представлено практичну частину, а саме: опис процесу програмної розробки, опис роботи програми та інструкція користувача, перевірка валідності програми.

Обсяг пояснювальної записки: 45 стор., в т.ч. основна частина – 39 стор., додатки - 7 стор., джерела - 5 назв.

## 1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Однією з найважливіших складових при написанні кваліфікаційної роботи безперечно є правильна постановка задачі, за допомогою якої значно легше визначити правильний вектор та обсяг майбутньої роботи. Саме правильна постановка задачі запобігає прояву невизначеності та конкретизує важливі аспекти завдання. В цілому, постановка задачі – це фундаментальний етап, від якого залежить успіх майбутньої роботи.

Наявність конкретно зазначеної постановки задачі у кваліфікаційній роботі забезпечує їй найвищий рівень якості та ефективності, зберігає наукову цінність, регулює та значно зменшує кількість витраченого на роботу часу та ресурсів. Якщо постановка завдання є неправильною чи містить невзаємодіючі частини, студент стикається з труднощами у досягненні встановлених критеріїв успіху.

Важливо підкреслити, що при написанні кваліфікаційної роботи потрібно критично дотримуватися рівноваги між надто загальним або занадто конкретним формулюванням завдання. Якщо завдання сформульоване занадто нечітко, існує ризик втрати глибини аналізу, а отже, може призвести до обмеженого результату дослідження широкого спектру теми. З іншого боку, завдання, які є надто обмеженими, втрачають ряд можливостей для розвитку ідей та вивчення альтернативних напрямків.

Розглядаючи завдання, пов'язані з широким контекстом, можна відзначити, що дослідження не фокусується на ключових аспектах. Власне, коли у студента є завдання занадто конкретного характеру, то є ймовірність втратити спроможність охопити всі можливі аспекти теми.

Отже, важливо дотримуватися збалансованості у постановці задачі. Треба бути достатньо конкретними для більшої ясності у визначенні напрямку, але при цьому достатньо широкими для сприйняття різних підходів для поглиблення у сенс дослідження.

Тому для постановки задачі варто приділити ключову увагу до наступних пунктів:

- Огляд наявних аналогів програмного тренажера в дистанційному курсі;
- Вибір, обґрунтування та огляд програмних засобів.
- Аналіз теми "Кубічні многочлени, їх корені" дистанційного навчального курсу "Алгебра та геометрія".
- Створення відносно розглянутого теоретичного матеріалу з теми: "Кубічні многочлени, їх корені" дистанційного курсу "Алгебра та геометрія" завдань для навчального тренажера.
- Опис роботи алгоритму розв'язування задач методом Кардано.
- Створення блок-схем роботи програми.
- Алгоритмізація роботи програми.
- Програмна реалізація навчального тренажера за раніше розробленим алгоритмом.
- Тестування програмного забезпечення.
- Написання звіту.

Не менш значимою частиною, якій потрібно приділити увагу залишається постановка задачі для програмного застосунку, а саме до наступних пунктів:

- Наявність ергономічного дизайну для комфортного покращення знань з теми.
- Наявність навігаційного меню застосунку для ефективного опанування знань.
- Можливість переглянути теоретичні відомості за темою: "Кубічні многочлени, їх корені" дистанційного навчального курсу "Алгебра та геометрія".
- Можливість переглянути посібник з правил оформлення відповідей та роботи програми.
- Інтерактивна та різноманітна робота із завданнями.
- Інтегрована система підказок для кращого сприйняття завдань та покращенню успішності у опануванні знань.

- Підтримка застосунка на широкий спектр операційних систем.
- Запровадження багатофункціонального інструменту вводу для широкого спектру застосувань у написанні відповідей.



## 2. ІНФОРМАЦІЙНИЙ ОГЛЯД

### 2.1 Огляд існуючих аналогів програмного тренажеру

Для належного обґрунтування та розвитку теми даної роботи важливим етапом є аналіз та порівняння із сучасними проектами, які охоплюють подібні аспекти або розв'язують аналогічні завдання. Ретельний огляд подібних проектів та наукових досліджень, що спрямовані на вирішення схожих проблем, є ключовим компонентом для визначення місця та важливості даної роботи в контексті сучасного наукового та технічного простору.

Під час аналізу подібних проектів і наукових досліджень, які вже проведені у цій області, визначається актуальність обраної теми та виявляються можливі прогалини, що залишаються невирішеними. Це дозволяє уточнити цільові завдання та визначити інноваційний внесок, який дана робота може внести.

Огляд аналогічних проектів не лише визначає можливості для подальших досліджень, але також розкриває перспективи вдосконалення існуючих методів та підходів. Крім того, врахування попередніх робіт сприяє розширенню розуміння того, як дана тема вписується у загальний контекст наукового дискурсу.

Далі проведемо аналіз та порівняння ключових аспектів схожих досліджень, що дозволить визначити унікальний характер та цінність даної роботи у порівнянні із вже наявними науковими внесками у цій галузі.

Для аналізу було обрано навчальний тренажер Бурко А.О. за темою "Алгебра Жегалкіна, способи побудови поліномів Жегалкіна" для дистанційного курсу "Дискретна математика".

При роботі з програмою, перед її запуском, користувача зустрічає вікно з клавішами "Play!", щоб запустити тренажер та "Quit" для виходу із застосунка (рис. 2.1). Вище від кнопок розташована зона з налаштуванням конфігурації, вона включає в себе графічні налаштування та налаштування вводу.

До налаштування графічної конфігурації входять такі пункти:

- Можливість змінити роздільну здатність;

- Можливість обрати пристрій виведення;
- Можливість обрати ступінь якості графіки;
- Можливість переходу до віконного режиму.

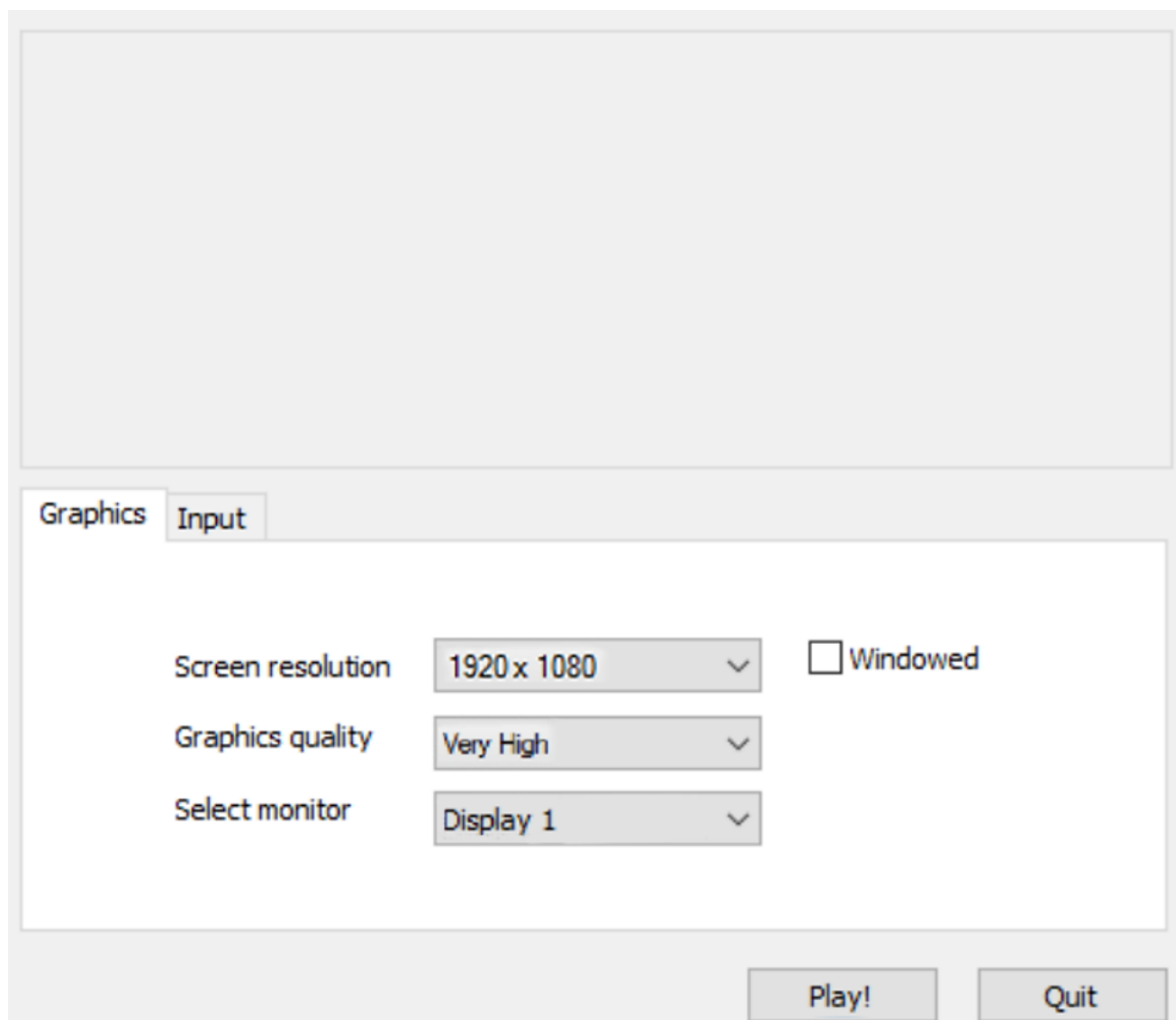


Рисунок 2.1 – Конфігураційне графічне меню тренажера

Після завершення налаштування конфігураційного меню за натиском на клавішу "Play!" переходимо до інформаційної сторінки тренажера.

Інформаційна сторінка представляє собою підготовчий етап у роботі тренажера, де зазначено виконавця роботи, наукового керівника та тему. Нижче розташована функціональна клавіша з написом "Далі" для переходу до головного меню тренажеру (рис. 2.2).

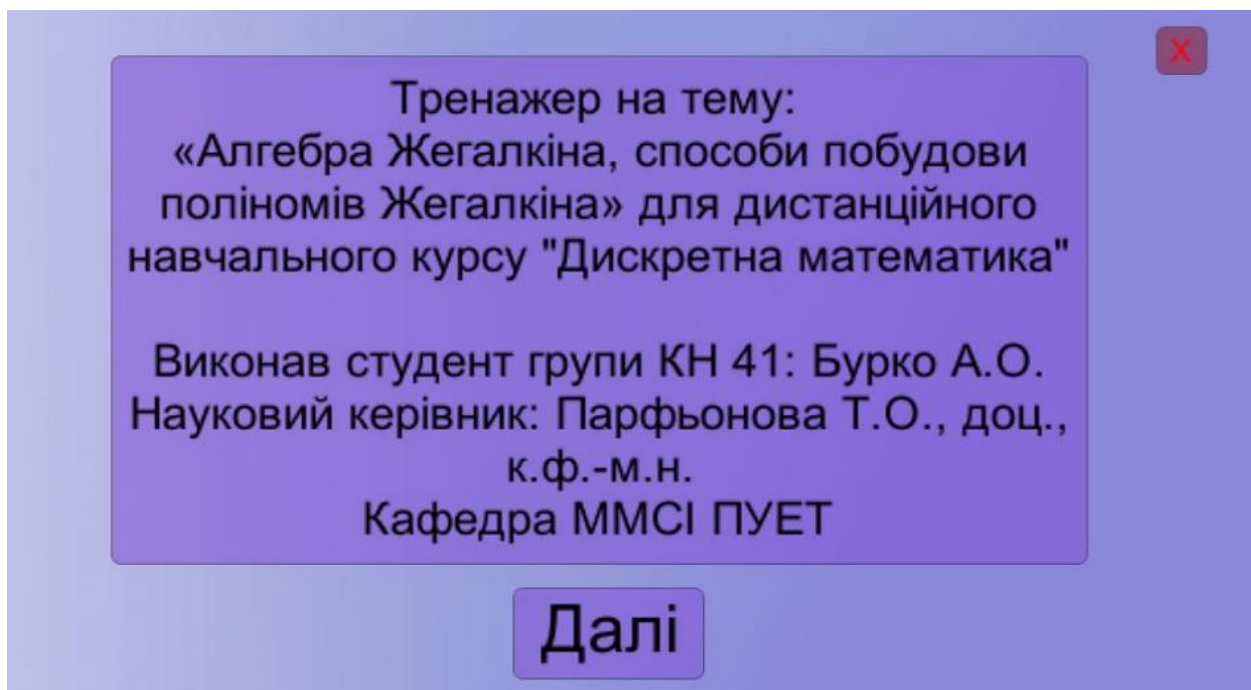


Рисунок 2.2 – Інформаційна сторінка

Після натиснення на клавішу "Далі" тренажер демонструє головне меню (рис. 2.3). У головному меню зазначено:

- 3 практичні завдання за методом "Жегалкіна";
- Теоретичні матеріали щодо метода "Жегалкіна";
- 2 практичні завдання за методом "Трикутників Паскаля";
- Теоретичні матеріали щодо метода "Трикутників Паскаля";

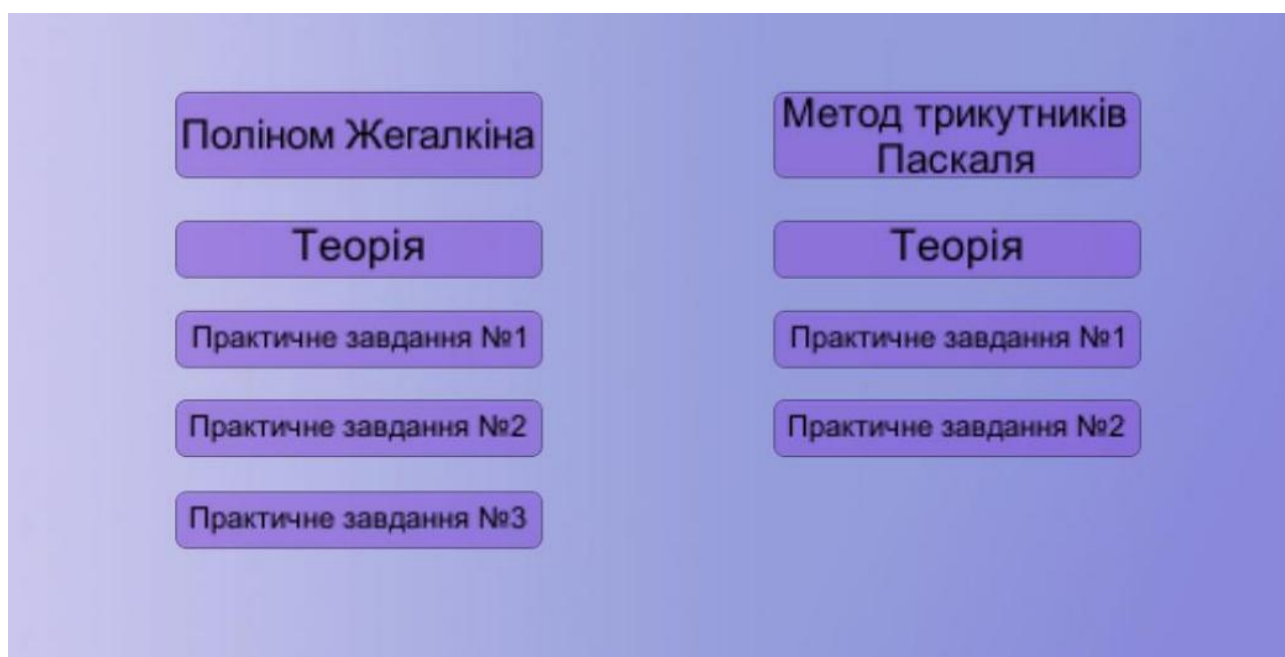


Рисунок 2.3 – Головне меню тренажера

Тренажер у своєму складі має широку теоретичну базу (рис. 2.4), зручні елементи навігації та мінімалістичний дизайн. Навігація виконана у вигляді двох клавiш "Назад" для перегляду попередньої сторінки та "Далі" для переходу до наступної.

Теорія викладена у зрозумілій та доступній манері, до переваг можна віднести:

- Інформація подана у структурованому форматі, що полегшує сприйняття;
- Опис методів та їх складових частин подано чітко та зрозуміло для широкої аудиторії;
- Комплексні методи розв'язання задач пояснені зрозуміло з використанням доступних і невисокотехнічних термінів;
- Наявність прикладів, що допомагають користувачам легше зрозуміти та застосовувати описані методи;
- Інформація адаптована для різних рівнів підготовки, від початківців до експертів.

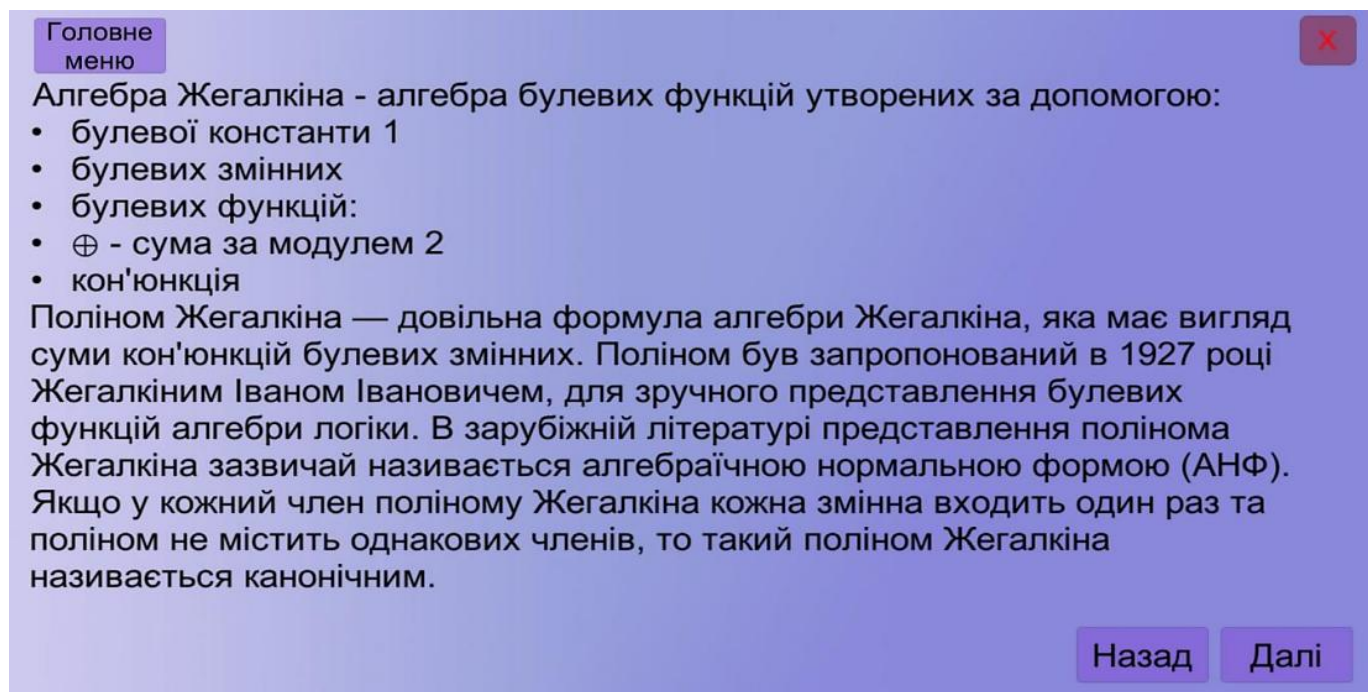


Рисунок 2.4 – Демонстрація теоретичної частини тренажера

У практичній частині тренажер демонструє завдання за своєю темою та декілька варіантів відповідей, серед яких потрібно обрати один правильний (рис. 2.5).

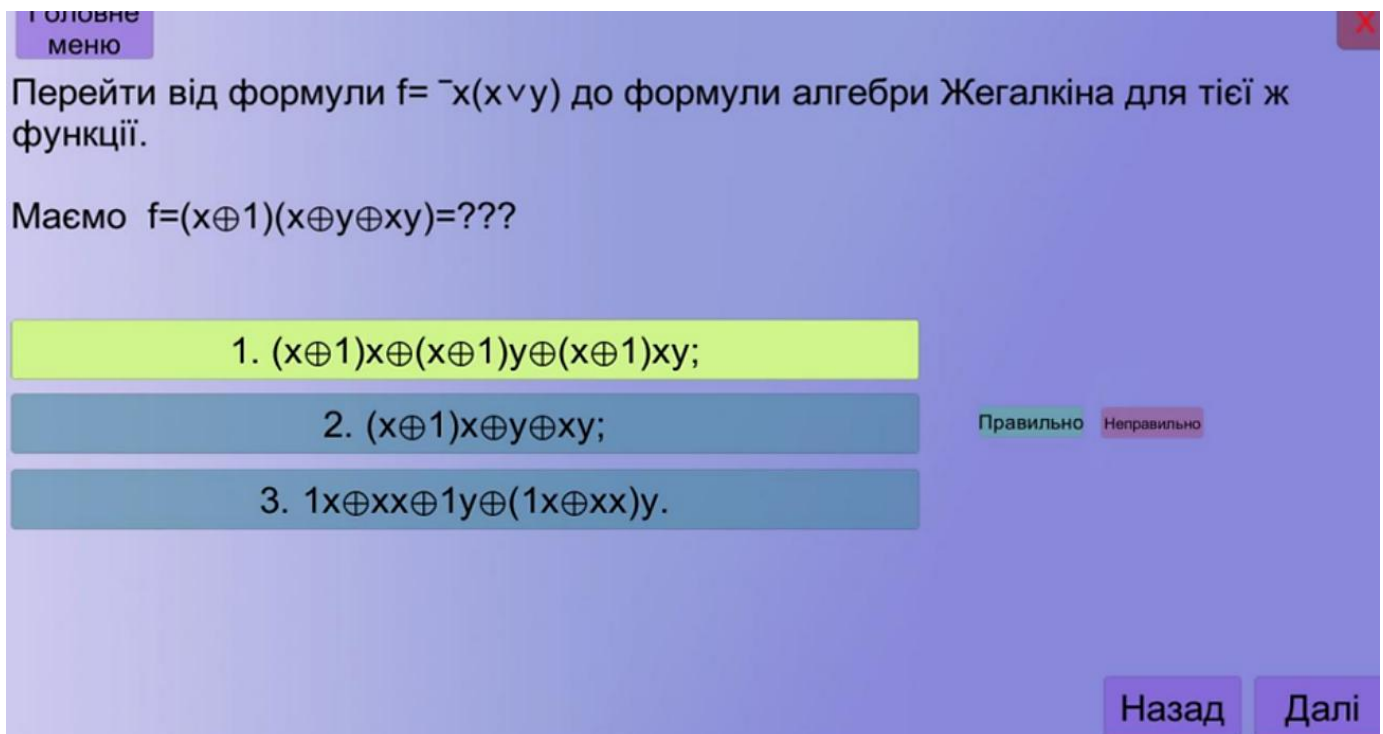


Рисунок 2.5 – Демонстрація практичної частини тренажера

Тренажер легкий у використанні та інтуїтивно зрозумілий для користувача. Важливо відмітити, що тренажер включає в себе, як прості завдання так і завдання з поетапним розв'язком. Має функціональні навігаційні клавіші для переходу до інших питань та переходу до головного меню.

Логіка роботи практичної частини не включає в себе систему оцінювання чи систему підказок. При наявній відповіді тренажер інформує користувача про результат, тобто: якщо відповідь була обрана правильно, то він обов'язково повідомить про це написавши поряд з варіантами відповідей "Правильно", у іншому випадку з'явиться повідомлення з текстом "Неправильно".

По закінченню проходження практичної частини тренажер запропонує зробити повторну спробу для кращого засвоєння знань з теми "Алгебра Жегалкіна, способи побудови поліномів Жегалкіна".

## 2.2 Огляд програмних засобів

Сучасна освіта активно адаптується до технологічних тенденцій, що сприяє впровадженню інноваційних методів та інструментів для поліпшення навчального процесу. Одним із ключових аспектів цього підходу є використання програмних засобів для створення тестів-тренажерів, які сприяють ефективному вивченню та закріпленню концепцій з предметів точних наук. Зокрема, значний акцент робиться на використанні програмних засобів для розробки тестів-тренажерів. Цей ключовий елемент підходу спрямований на створення умов для ефективного вивчення та закріплення концепцій у галузі точних наук.

Інтеграція програмних інструментів для створення тестів-тренажерів в освітній процес дозволяє забезпечити студентам більше можливостей для активного залучення до матеріалу та поглибленого вивчення предметів. Це також стимулює інтерактивність та індивідуалізацію навчання, що відповідає вимогам сучасного підходу до освіти.

Microsoft Visual Studio (C# та WinForms): Visual Studio, використовуючи мову програмування C# та WinForms, надає розширені можливості для створення інтерактивних тестів-тренажерів.

Переваги:

- Зручна розробка інтерфейсів користувача за допомогою WinForms;
- Можливість легко інтегрувати графічні елементи та анімацію.

Web-технології (HTML, CSS, JavaScript): використання веб-технологій дозволяє створювати тренажери, які доступні онлайн і не вимагають встановлення додаткових програм.

Переваги:

- Зручність в розгортанні та доступі через веб-браузер;
- Можливість використання багатосторінкових інтерфейсів.

Unity (C#): потужний движок для створення ігор, але також може бути використаний для розробки тренажерів.

Переваги:

- Велика спільнота користувачів та багато готових ресурсів;
- Можливість реалізації 3D-симуляцій для предметів з точних наук.

Python та Flask/Django: використання Python з веб-фреймворками, такими як Flask або Django, дозволяє створювати зручні та легко доступні тренажери.

Переваги:

- Простота синтаксису Python полегшує розробку;
- Flask/Django дозволяють легко створювати веб-тренажери.

JavaFX (Java): вбудований у Java, надає інструменти для створення багатофункціональних десктопних додатків.

Переваги:

- Кросплатформенність та можливість запуску на різних ОС;
- Можливість використання Java-екосистеми для розширення функціоналу.

C++ та OpenGL: використання C++ спільно з бібліотекою OpenGL дозволяє створювати тренажери з високоякісною 3D-графікою для вивчення просторових концепцій у точних науках.

Переваги:

- Здатність реалізації складних 3D-моделей та анімацій;
- Широкий вибір бібліотек та фреймворків;
- Висока швидкість виконання.

### 3. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

#### 3.1 Опис роботи алгоритму розв'язування задач методом Кардано

Метод Кардано – це лише один із способів розв'язання кубічних рівнянь, такий як метод Вієта та метод неповного квадрата. У сучасній математиці, розв'язання кубічних рівнянь зазвичай виконують за допомогою комп'ютерних програм та алгоритмів числового аналізу. Цей метод дозволяє знаходити корені кубічних рівнянь, які мають загальний вигляд:

$$ax^3 + bx^2 + cx + d = 0, \quad (3.1)$$

де  $a, b, c, d$  — це коефіцієнти рівняння,  $a \neq 0$ ,  $x$  невідома змінна. За допомогою методу Кардано, можна знайти корені цього рівняння. Основна ідея методу полягає у зведенні кубічного рівняння до форми, в якій воно може бути вирішено відносно просто. Метод Кардано надає систематичний підхід до знаходження коренів кубічного рівняння, використовуючи додаткові змінні та кроковий алгоритм.

Основна ідея методу полягає в перетворенні вихідного рівняння в такий спосіб, щоб воно стало більш доступним для розв'язання. Далі використовуються нові змінні та константи для визначення коренів рівняння в різних випадках.

По-перше потрібно звести кубічне рівняння до неповного кубічного рівняння, щоб уникнути множника при  $x^2$ , необхідно застосувати підстановку:

$$x = y - \frac{a}{3} \quad (3.2)$$

Розкриваємо дужки користуючись формулами "Квадрат різниці" та "Куб різниці":

$$(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2 \quad (3.3)$$

$$(a - b)^3 = a^3 - 3a^2b + 3ab^2 - b^3 \quad (3.4)$$

Далі робимо групування та обчислюємо рівняння. Наприклад:

$$y^3 - 6y^2 + 6y^2 + 12y - 24y + 30y - 8 + 24 - 60 + 25 = 0 \quad (3.5)$$



Для подальшого розв'язання необхідно виконати спрощення, рівняння повинно набути такого вигляду:

$$y^3 + py + q = 0 \quad (3.6)$$

На наступному кроці обчислюємо дискримінант за наявними коефіцієнтами для значень  $p$  та  $q$  за формулою:

$$D = \frac{q^2}{4} + \frac{p^3}{27} \quad (3.7)$$

Дуже важливо визначити, яким є дискримінант:  $D = 0, D < 0, D > 0$ . Метод Кардано залишається коректним для всіх значень дискримінанта, включаючи  $D = 0$  та  $D < 0$ . Однак у випадку  $D < 0$ , вам знадобиться комплексний числовий тип для обчислення коренів. Коли  $D > 0$ , у вас буде три різні реальні корені, і ви можете використовувати формули Кардано для обчислення цих коренів.

Якщо  $D = 0$ , то розв'язок має один корінь кратності 3 та має вигляд:

$$x_1 = x_2 = x_3 = \sqrt[3]{-\frac{q}{2}} - \frac{p}{3} \quad (3.8)$$

Якщо  $D < 0$ , то розв'язок є комплексним і використовуються комплексні числа:

$$x_1 = \sqrt[3]{\frac{\sqrt{|D|}}{2}} + \sqrt[3]{-\frac{\sqrt{|D|}}{2}} - \frac{p}{3} \quad (3.9)$$

$$x_2 = \left( \sqrt[3]{\frac{\sqrt{|D|}}{2}} + \sqrt[3]{-\frac{\sqrt{|D|}}{2}} \right) - \frac{p}{3} + i \frac{\sqrt{3}}{2} \left( \sqrt[3]{\frac{\sqrt{|D|}}{2}} - \sqrt[3]{-\frac{\sqrt{|D|}}{2}} \right) \quad (3.10)$$

$$x_3 = \left( \sqrt[3]{\frac{\sqrt{|D|}}{2}} + \sqrt[3]{-\frac{\sqrt{|D|}}{2}} \right) - \frac{p}{3} - i \frac{\sqrt{3}}{2} \left( \sqrt[3]{\frac{\sqrt{|D|}}{2}} - \sqrt[3]{-\frac{\sqrt{|D|}}{2}} \right) \quad (3.11)$$

Якщо  $D > 0$ , то розв'язок має 3 дійсні корені. Перед наступним кроком знайдемо корінь дискримінанта для зручності обчислень, скористаємося наступною формулою:

$$\sqrt{\frac{a}{b}} = \frac{\sqrt{a}}{\sqrt{b}} \quad (3.12)$$

Знайдемо значення для  $y_1$  за наступною формулою для подальших обчислень:

$$y_1 = \sqrt[3]{-\frac{q}{2} + \sqrt{D}} + \sqrt[3]{-\frac{q}{2} - \sqrt{D}} \quad (3.13)$$

Підставляємо  $y_1$  у вираз  $x = y - 2$  та обраховуємо, щоб знайти значення для  $x_1$ .

Переходимо до знаходження значень для  $u$  та  $v$  за наступними формулами:

$$u = \sqrt[3]{-\frac{q}{2} + \sqrt{D}} \quad (3.14)$$

$$v = \sqrt[3]{-\frac{q}{2} - \sqrt{D}} \quad (3.15)$$

Для отриманих значень  $u$  та  $v$  повинна виконуватись умова:

$$u * v = \frac{p}{3} \quad (3.16)$$

Для наступного кроку знайдемо значення для  $y_2$  та  $y_3$  за наступними формулами:

$$y_2 = -\frac{1}{2}(u + v) + \frac{\sqrt{3}}{2}(u - v)i \quad (3.17)$$

$$y_3 = -\frac{1}{2}(u + v) - \frac{\sqrt{3}}{2}(u - v)i \quad (3.18)$$

Тепер підставимо  $y_2$  та  $y_3$  у вираз  $x = y - 2$ , щоб знайти значення для  $x_2$  та  $x_3$ . Наприклад:

$$x_2 = -\frac{5}{2} + \frac{5\sqrt{3}}{2}i \quad (3.19)$$

$$x_3 = -\frac{5}{2} - \frac{5\sqrt{3}}{2}i \quad (3.20)$$

Оскільки  $D > 0$ , то отримуємо три дійсних кореня у відповіді. Для перевірки вірності розв'язку підставляємо знайдені корені у рівняння.

### 3.2 Алгоритмізація роботи програми

Користувач після запуску програми-тренажера бачить головне меню. Головне меню має мінімалістичний дизайн, основну інформації щодо тренажера та чотири навігаційні клавiші. Навігаційні клавiші представляють собою наступне: клавiша "Почати тестування" запускає практичну частину; клавiша "Посiбник користувача" відкриває ознайомчий розділ для допомоги роботи з програмою; клавiша "Теорія" дозволяє переглянути теоретичні відомості та матеріали за темою "Кубічні многочлени, їх корені"; клавiша "Вихід" завершує роботу програми.

Крок 0. Загальне кубічне рівняння – рівняння вигляду:

$$Ax^3 + Bx^2 + Cx + D = 0,$$

де  $A = 1$ ,  $B = 6$ ,  $C = 30$ ,  $D = 25$ . На першому кроці необхідно поділити загальне кубічне рівняння на  $A$ , так як  $A = 1$ , задане рівняння є зведеним кубічним рівнянням. Маємо розв'язати наступне кубічне рівняння методом Кардано:

$$x^3 + 6x^2 + 30x + 25 = 0$$

Це ознайомчий крок, тому додаткових дій від користувача не потребують.

Крок 1. Завдання: Для зведення кубічного рівняння  $x^3 + ax^2 + bx + c = 0$  до неповного кубічного рівняння необхідно застосувати підстановку:

$$x = y - \frac{a}{3}.$$

Це дає нам змогу уникнути множника при  $x^2$ . Застосуйте підстановку та запишіть оновлене рівняння:

Якщо користувач дасть правильну відповідь, а саме:

$$(y - 2)^3 + 6(y - 2)^2 + 30(y - 2) + 25 = 0$$

він зможе перейти до наступного питання; якщо користувач дасть неправильну відповідь вперше, то отримає можливість скористатися підказкою.

Підказка: Виконайте заміну за формулою:

$$x = y - \frac{6}{3} = y - 2;$$

якщо користувач відповість неправильно втретє, то отримає відповідь і можливість перейти до наступного питання.

Крок 2. Завдання: Розкрити дужки для:

$$(y - 2)^3 + 6(y - 2)^2 + 30(y - 2) + 25 = 0$$

застосувавши формули скороченого множення і записати результат.

Якщо користувач дасть правильну відповідь, а саме:

$$y^3 - 6y^2 + 12y - 8 + 6y^2 - 24y + 24 + 30y - 60 + 25 = 0$$

він зможе перейти до наступного питання; якщо користувач дасть неправильну відповідь вперше, то отримає можливість скористатися підказкою у вигляді формул "Квадрат різниці" та "Куб різниці":

$$(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2;$$

$$(a - b)^3 = a^3 - 3a^2b + 3ab^2 - b^3;$$

якщо користувач відповідь неправильно втретє, то отримає відповідь і можливість перейти до наступного питання.

Крок 3. Завдання: Виконати спрощення для рівняння:

$$y^3 - 6y^2 + 12y - 8 + 6y^2 - 24y + 24 + 30y - 60 + 25 = 0$$

та запишемо результат у вигляді:

$$y^3 + py + q = 0$$

Якщо користувач дасть правильну відповідь, а саме:

$$y^3 + 18y - 19 = 0$$

він зможе перейти до наступного питання; якщо користувач дасть неправильну відповідь вперше, то отримає можливість скористатися підказкою.

Підказка: Спростіть виконавши групування:

$$y^3 - 6y^2 + 6y^2 + 12y - 24y + 30y - 8 + 24 - 60 + 25 = 0$$

якщо користувач відповідь неправильно втретє, то отримає відповідь і можливість перейти до наступного питання.

Крок 4. Завдання: Маємо коефіцієнти  $p = 18$ ,  $q = -19$  та спрощене рівняння виду:

$$y^3 + 18y - 19 = 0.$$

Обчислити дискримінант та записати у дробовому вигляді:

$$D = n/n$$

Якщо користувач дасть правильну відповідь, а саме:

$$D = \frac{1225}{4}$$

він зможе перейти до наступного питання; якщо користувач дасть неправильну відповідь вперше, то отримає можливість скористатися підказкою.

Підказка:

$$D = \frac{q^2}{4} + \frac{p^3}{27}$$

якщо користувач відповість неправильно втретє, то отримає відповідь і можливість перейти до наступного питання.

Крок 5. Завдання: Вибрати серед запропонованих варіантів формулу Кардано:

$$a. y_1 = \sqrt[3]{-\frac{q}{2} + \sqrt{D}} + \sqrt[3]{-\frac{q}{2} - \sqrt{D}}$$

$$b. y_1 = \sqrt[3]{-\frac{p}{2} + \sqrt{D}} + \sqrt[3]{-\frac{p}{2} - \sqrt{D}}$$

$$c. y_1 = \sqrt[3]{-\frac{q}{2} + \sqrt{D}} + \sqrt[3]{-\frac{q}{2} - \sqrt{D}}$$

$$d. y_1 = \sqrt[3]{-\frac{q}{2} + \sqrt{D}} + \sqrt[3]{\frac{q}{2} - \sqrt{D}}$$

Якщо користувач дасть правильну відповідь, а саме: "a", він зможе перейти до наступного питання;

Крок 6. Завдання: Якщо коефіцієнти кубічного рівняння — дійсні числа, то кількість коренів залежить від знаку дискримінанта у формулі Кардано. Встановіть відповідність та запишіть у вигляді 1;2;3:

a. Якщо  $D > 0$

b. Якщо  $D = 0$

c. Якщо  $D < 0$

1. Не має дійсних коренів;

2. Три різні дійсні корені;

3. Моє один дійсний корінь;

Якщо користувач дасть правильну відповідь, а саме: "2; 3; 1", то він зможе перейти до наступного питання;

Крок 7. Завдання: Знайти корінь дискримінанта:

$$D = \frac{1225}{4}$$

Якщо користувач дасть правильну відповідь, а саме:

$$\sqrt{D} = \frac{35}{2}$$

він зможе перейти до наступного питання; якщо користувач дасть неправильну відповідь вперше, то отримає можливість скористатися підказкою.

Підказка:

$$\sqrt{\frac{a}{b}} = \frac{\sqrt{a}}{\sqrt{b}}$$

якщо користувач відповість неправильно втретє, то отримає відповідь і можливість перейти до наступного питання.

Крок 8. Завдання: Знайти корінь  $y_1$  для рівняння:

$$y^3 + 18y - 19 = 0$$

Якщо користувач дасть правильну відповідь, а саме: "1", то він зможе перейти до наступного питання; якщо користувач дасть неправильну відповідь вперше, то отримає можливість скористатися підказкою.

Підказка:

$$y_1 = \sqrt[3]{-\frac{q}{2} + \sqrt{D}} + \sqrt[3]{-\frac{q}{2} - \sqrt{D}}$$

якщо користувач відповість неправильно втретє, то отримає відповідь і можливість перейти до наступного питання.

Крок 9. Завдання: Позначивши  $u = \sqrt[3]{-\frac{q}{2} + \sqrt{D}}$  та  $v = \sqrt[3]{-\frac{q}{2} - \sqrt{D}}$ , отримаємо

$$u = \sqrt[3]{-\frac{(-19)}{2} + \frac{35}{2}} = \sqrt[3]{27} = 3, \quad v = \sqrt[3]{-\frac{(-19)}{2} - \frac{35}{2}} = \sqrt[3]{-8} = -2$$

Для отриманих  $u$  та  $v$  має виконуватись умова  $u * v$

Якщо користувач дасть правильну відповідь, а саме: " – 6", то він зможе перейти до наступного питання; якщо користувач дасть неправильну відповідь вперше, то отримає можливість скористатися підказкою.

Підказка:

$$u * v = \frac{p}{3}$$

якщо користувач відповідь неправильно втретє, то отримає відповідь і можливість перейти до наступного питання.

Крок 10. Завдання:  $u, v = (3, -2)$ . Оберіть комплексні корені для  $y_2$  та  $y_3$

$$a. y_2 = -\frac{2}{2} + \frac{6\sqrt{3}}{2}i, \quad y_3 = -\frac{21}{2} - \frac{6\sqrt{3}}{2}i$$

$$b. y_2 = -\frac{1}{1} + \frac{2\sqrt{3}}{2}i, \quad y_3 = -\frac{1}{1} - \frac{2\sqrt{3}}{2}i$$

$$c. y_2 = -\frac{1}{2} + \frac{5\sqrt{3}}{2}i, \quad y_3 = -\frac{1}{2} - \frac{5\sqrt{3}}{2}i$$

$$d. y_2 = \frac{1}{2} + \frac{5\sqrt{3}}{2}i, \quad y_3 = -\frac{1}{2} - \frac{5\sqrt{3}}{2}i$$

Якщо користувач дасть правильну відповідь, а саме: "C", то він зможе перейти до наступного питання;

Крок 11. Завдання: Підставимо  $y_1$  у вираз  $x = y - 2$  та обрахуємо, щоб знайти коефіцієнт  $x_1$

Якщо користувач дасть правильну відповідь, а саме: " – 1", то він зможе перейти до наступного питання; якщо користувач відповідь неправильно втретє, то отримає відповідь і можливість перейти до наступного питання.

Крок 12. Завдання: Оберіть комплексні корені для  $x_2$  та  $x_3$ :

$$a. x_2 = -\frac{5}{5} + \frac{3\sqrt{3}}{2}i, \quad x_3 = -\frac{5}{5} - \frac{3\sqrt{3}}{2}i$$

$$b. x_2 = -\frac{2}{2} - \frac{1\sqrt{3}}{2}i, \quad x_3 = -\frac{2}{2} - \frac{1\sqrt{3}}{2}i$$

$$c. x_2 = -\frac{5}{2} + \frac{5\sqrt{3}}{2}i, \quad x_3 = -\frac{5}{2} - \frac{5\sqrt{3}}{2}i$$

$$d. x_2 = -\frac{5}{2} + \frac{5\sqrt{3}}{2}i, \quad x_3 = -\frac{5}{2} - \frac{5\sqrt{3}}{2}i$$

Якщо користувач дасть правильну відповідь, а саме: " $d$ ", то він зможе перейти до наступного питання; якщо користувач дасть неправильну відповідь вперше, то отримає можливість скористатися підказкою.

Підказка: Підставимо  $y_2$  та  $y_3$  у вираз  $x = y - 2$  та обраховуємо, щоб знайти коефіцієнт  $x_2$  та  $x_3$ .



### 3.3 Розробка блок-схеми алгоритму

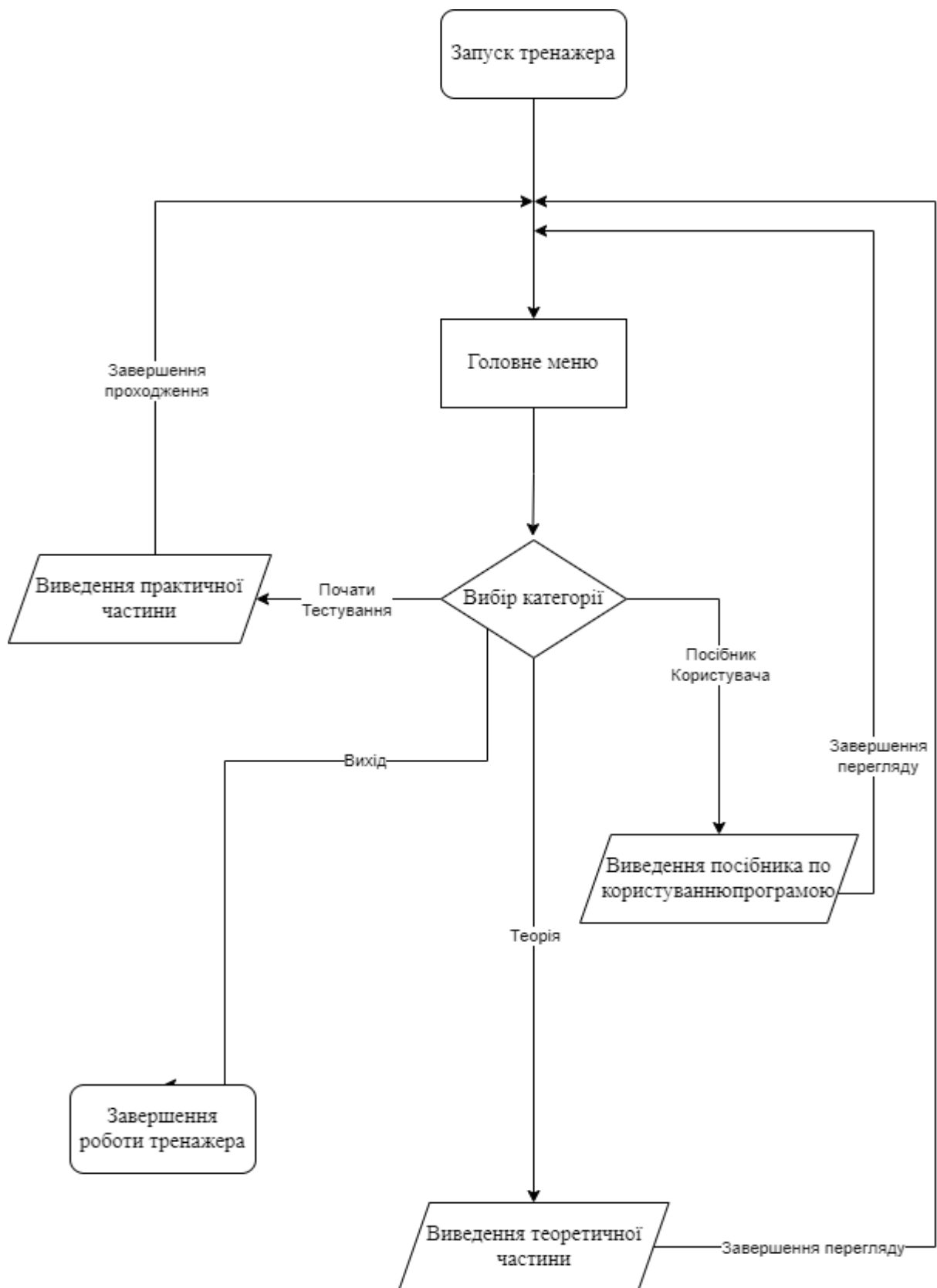


Рисунок 3.1 – Загальна блок-схема алгоритму роботи програми

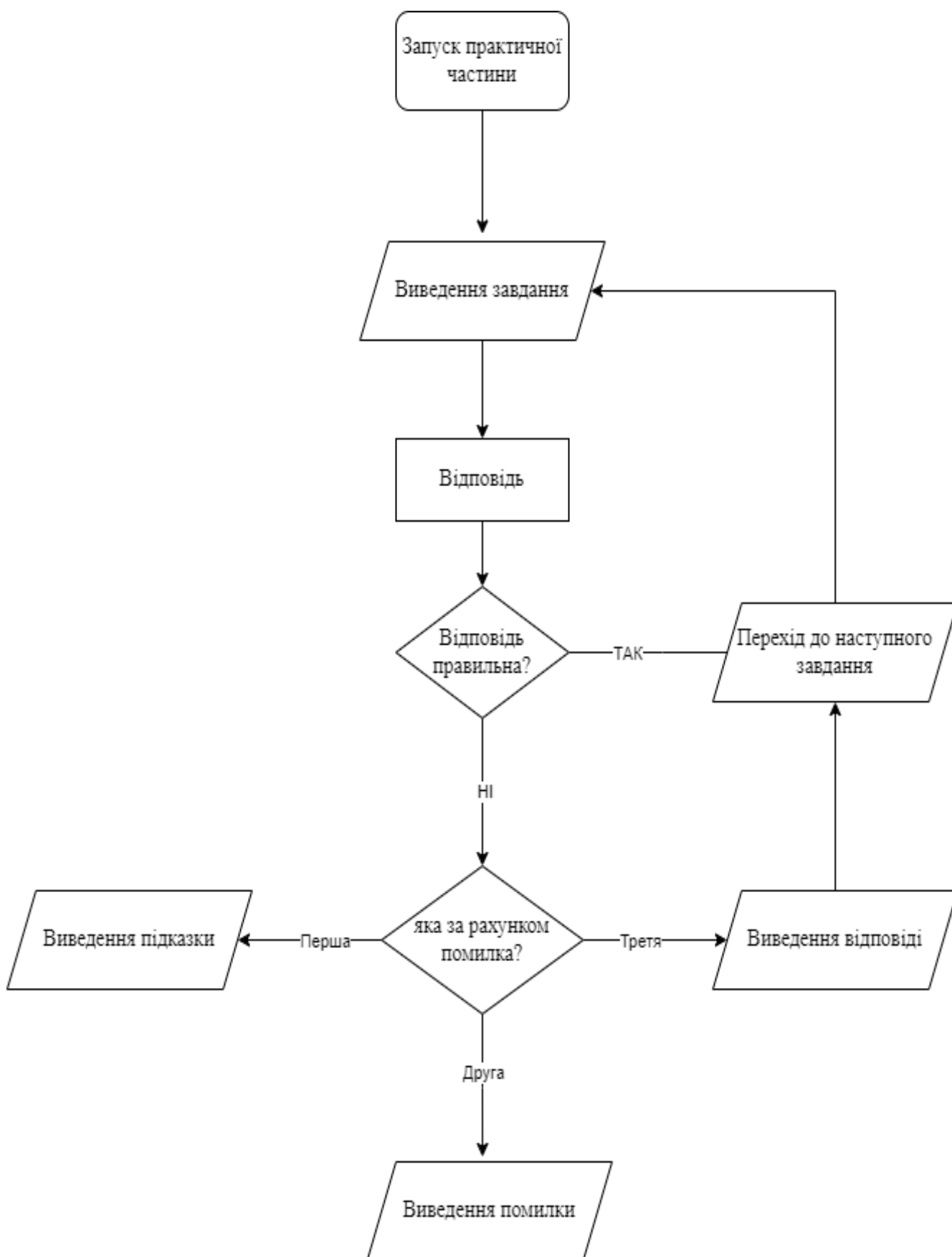


Рисунок 3.2 – Детальний алгоритмічний огляд практичної частини тренажера

### 3.4 Обґрунтування програмних засобів

Для розробки програмної частини навчального тренажера з теми "Кубічні многочлени, їх корені" для дистанційного навчального курсу "Алгебра та геометрія" було обрано середовище розробки Microsoft Visual Studio 2022, у якості мови програмування – C#, з використанням платформи .NET Framework та Winform.

Серед ключових особливостей Visual Studio варто відзначити вбудовані інструменти розробки, такі як розширений текстовий редактор із підсвічуванням синтаксису, алгоритм для виявлення та виправлення помилок, а також засоби для створення графічного інтерфейсу, зокрема для розробки веб-сайтів та мобільних додатків.

Visual Studio також забезпечує інтеграцію з різними технологіями та платформами, такими як .NET, Azure, Xamarin для розробки мобільних додатків, та ASP.NET для веб-розробки. Використання системи керування версіями, такої як Git, дозволяє ефективно взаємодіяти та спільно працювати в команді, стежачи за змінами у коді.

Розширюючи можливості інструменту, розробник може встановлювати додаткові розширення та додатки, що сприяє подальшій оптимізації процесу розробки.

Загалом, Microsoft Visual Studio визначається як інтегроване середовище, що надає високий рівень уніфікованості та ефективності для програмної розробки, роблячи його невід'ємною частиною процесу створення програмного забезпечення.

Мова програмування C# завдяки своїм властивостям стає потужним інструментом для розробників, наділенням їх можливостями для створення різноманітних програмних продуктів в сучасному програмуванні. Як основна мова розробки для платформи .NET, C# має найкращу інтеграцію з середовищем розробки Microsoft Visual Studio, надаючи розширені можливості відлагодження, аналізу коду та автоматизації процесів розробки.

Мова C# володіє рядом вбудованих інструментів безпеки, таких як використання обмежень доступу, що допомагає уникнути багатьох типових помилок програмування, таких як витoki пам'яті чи дерево викликів (call stack)

переповнення. Важливо відмітити, що ця мова підтримує асинхронне програмування, дозволяючи ефективно використовувати ресурси системи та створювати високопродуктивні додатки, також компілюється в проміжний код, який виконується на спеціалізованій віртуальній машині CLR (Common Language Runtime), що забезпечує високу продуктивність та можливість переносу коду між різними платформами.

Код на базі мови програмування C# тісно пов'язаний з технологією .NET, що відкриває широкі можливості для розробників, включаючи доступ до бібліотек класів, підтримку мов, що працюють на .NET, та можливість використання платформи ASP.NET для створення веб-додатків. Мова побудована на об'єктно-орієнтованій моделі програмування, що сприяє створенню структурованих, легко розширюваних та підтримуваних систем.

C# відрізняється відмінною читабельністю коду та високим рівнем експресивності, що робить його лаконічним та зручним для розробників.

.NET Framework є фундаментальною інфраструктурою для програмного забезпечення, розробленою компанією Microsoft. Ця технологічна платформа надає зручний і високопродуктивний фреймворк для створення та виконання різноманітних додатків на різних платформах та для різних пристроїв.

.NET Framework виступає як надійна основа для розробки програмного забезпечення, дозволяючи розробникам створювати різноманітні та високоякісні застосунки на різних платформах.

Основні характеристики та переваги .NET Framework:

- Мови програмування: .NET підтримує багато мов програмування, таких як C#, Visual Basic, F#, C++, що дозволяє розробникам вибирати мову, яка найкраще відповідає їхнім потребам.
- Бібліотеки класів: .NET включає широкий спектр бібліотеки класів, які забезпечують готові рішення для багатьох завдань, спрощуючи розробку та забезпечуючи високу якість коду.

- Незалежність платформи: .NET є платформенно-незалежним і може використовуватися для розробки додатків для різних операційних систем, таких як Windows, Linux та macOS.
- Безпека: вбудовані механізми безпеки .NET, такі як управління пам'яттю та обмеження доступу, забезпечують захист від багатьох типових атак та помилок
- Інтеграція з Microsoft Visual Studio: .NET Framework надає інтеграцію з Microsoft Visual Studio, що робить процес розробки зручним та надає багато можливостей для відлагодження та аналізу коду.
- Підтримка та оновлення: регулярні оновлення та підтримка забезпечують актуальність та безпеку розроблених додатків.

Windows Forms (WinForms) є частиною .NET Framework і є одним із інструментів для створення віконних додатків в середовищі операційної системи Windows. Цей фреймворк надає розробникам зручний інтерфейс для створення додатків з графічним користувацьким інтерфейсом, що полегшує розгортання та взаємодію з користувачем.

Windows Forms залишається важливим інструментом для швидкої розробки віконних додатків в середовищі Windows забезпечуючи ефективність та надійність у створенні користувацьких інтерфейсів.

Ключові особливості та переваги WinForms:

- Простота використання: WinForms пропонує високорівневий підхід до розробки віконних додатків, що дозволяє розробникам швидко створювати GUI, перетягуючи та розміщуючи елементи у вікні.
- Широкий вибір елементів управління: фреймворк включає різноманітність елементів управління, таких як кнопки, тексти, таблиці, вкладки та інші, що спрощує створення різноманітних інтерфейсів.
- Інтеграція з .NET: WinForms інтегрується з іншими технологіями .NET, забезпечуючи доступ до бібліотек класів та інших можливостей фреймворку.

- Легка розгортання: додатки, розроблені за допомогою WinForms, легко розгортаються на комп'ютерах з встановленим .NET Framework.
- Підтримка подій: WinForms надає можливість обробляти події (event handling), що дозволяє реагувати на дії користувача, такі як натискання кнопок чи введення тексту.
- Інтеграція із Visual Studio: розробка WinForms додатків часто виконується в інтегрованому середовищі розробки Microsoft Visual Studio, що полегшує роботу розробників.
- Підтримка стилів та тем: WinForms надає можливість використовувати стилі та теми для створення привабливого та сучасного вигляду додатків.

## 4. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

### 4.1 Опис процесу програмної розробки

Тренажер було створено на базі мови програмування C# та середовища розробки Microsoft Visual Studio 2022 разом з розширенням "Windows Forms" платформи .NET Framework.

Windows Forms – це структура інтерфейсу користувача для розробки програм Windows, яка є частиною Microsoft .NET Framework. Платформа забезпечує зручний спосіб створення класичних програм за допомогою візуального дизайнера в середовищі Visual Studio. Windows Forms спрощує процес створення програм, включаючи розміщення візуальних елементів керування та взаємодію з ними за допомогою перетягування. Це також спрощує доступ до функцій операційної системи Windows через оболонки для Win32 API.

Перед реалізацією алгоритму роботи програми, було створено новий проект у середовищі розробки Microsoft Visual Studio 2022 та підготовка проекту для роботи. Далі створюються форми на яких будуть розміщуватися елементи тренажера. Після починається заповнення форми навігаційними клавшами, наповнення учбовою інформацією, матеріалами та завданнями (рис.4.1, 4.2, 4.3, 4.4).

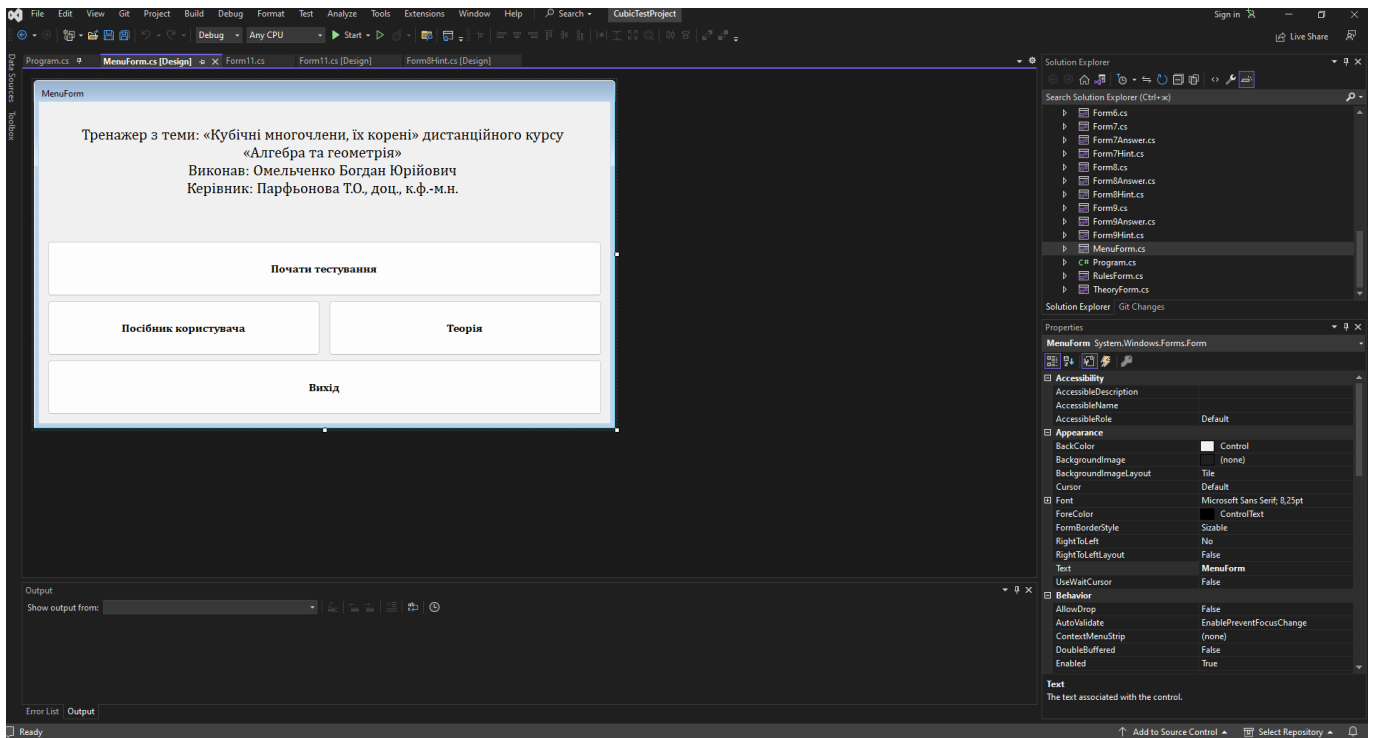


Рисунок 4.1 – Компонування форми для головного меню тренажера

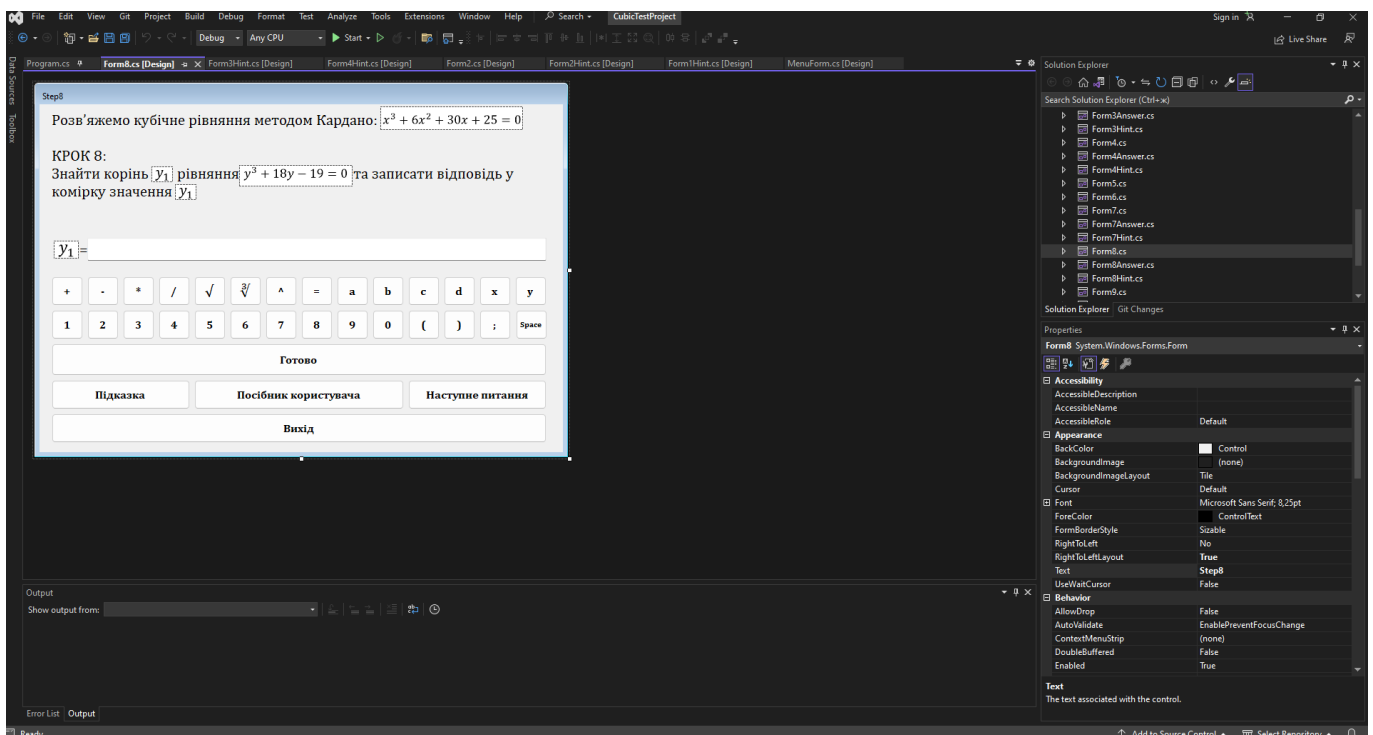


Рисунок 4.2 – Компонування форми для практичного завдання тренажера



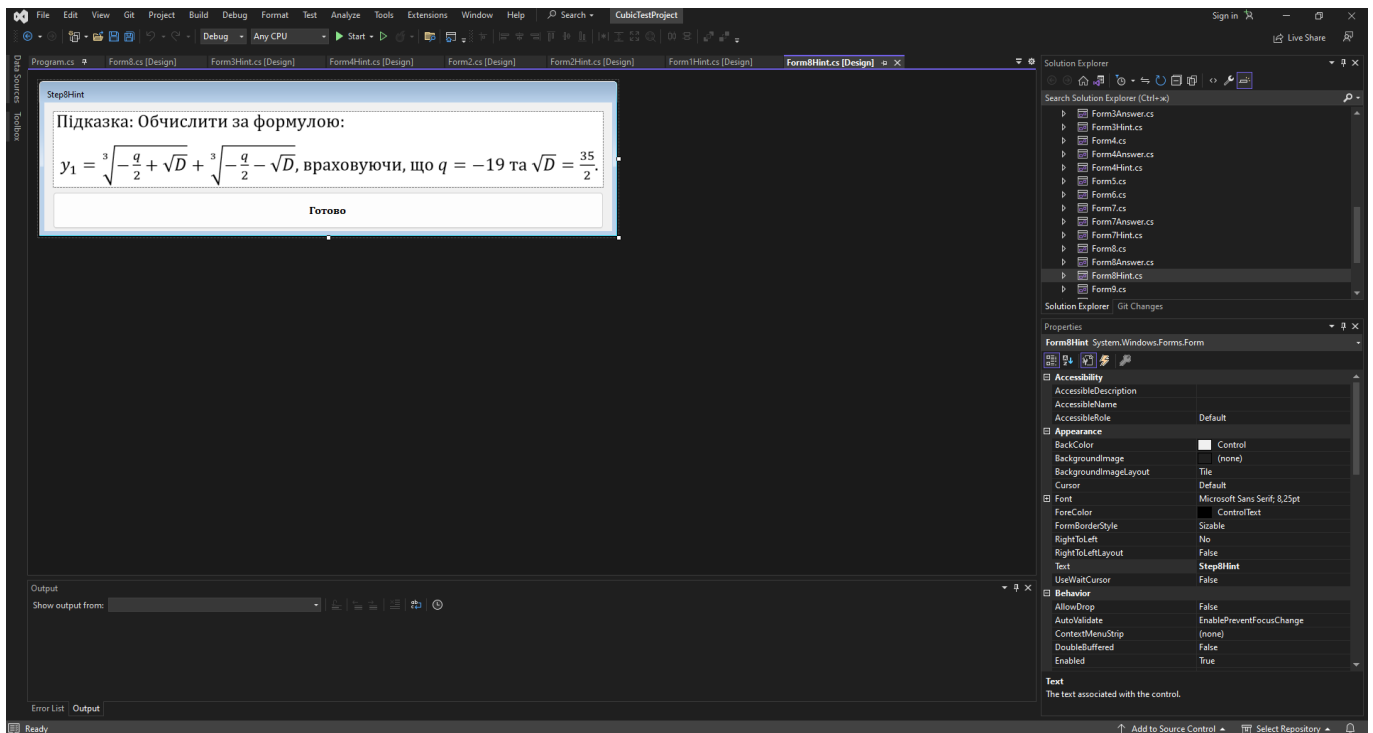


Рисунок 4.3 – Компонування форми підказки до розв’язання завдань тренажера

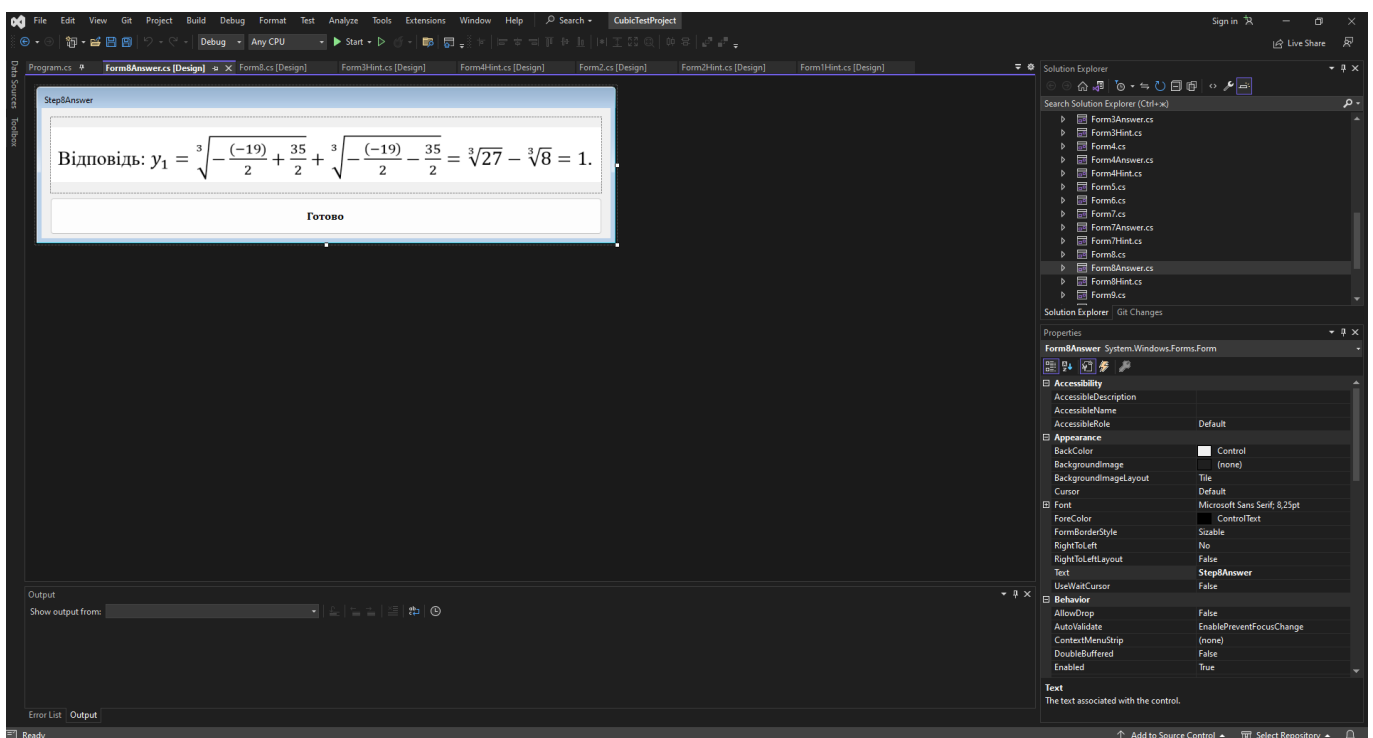


Рисунок 4.4 – Компонування форми відповіді до розв’язання завдань тренажера

Текст завдання та варіанти відповіді на екрані були реалізовані через елементи "PictureBox" та "label".

Для прийому та обробки відповідей, в тому числі для декількох одразу, та підрахунку кількості помилок для демонстрування відповіді чи підказки використовувалися елементи "Button" та "TextBox" з наступним кодом:

```
private int incorrectAnswerCount = 0;

private void btnCheckAnswer_Click(object sender, EventArgs e)
{
    string userAnswer = textBoxAnswer.Text.Trim();
    string correctAnswer1 = "1";
    string correctAnswer2 = " $\sqrt[3]{-(-19)/2+35/2} + \sqrt[3]{-(-19)/2-35/2} = \sqrt[3]{27} - \sqrt[3]{8} = 1$ ";

    if (userAnswer.Equals(correctAnswer1, StringComparison.OrdinalIgnoreCase)
||
        userAnswer.Equals(correctAnswer2,
StringComparison.OrdinalIgnoreCase))
    {
        MessageBox.Show("Відповідь правильна! Можете переходити до іншого
питання");
        CalcBtnNxt.Enabled = true;
    }
    else
    {
        incorrectAnswerCount++;
        if (incorrectAnswerCount == 3)
        {
            MessageBox.Show("Ви помилилися 3 рази. Ознайомтеся з відповіддю
та переходьте до наступного питання.");
            Form8Answer form8answer = new Form8Answer();
            form8answer.Show();
            CalcBtnNxt.Enabled = true;
            btnCheckAnswer.Enabled = false;
        }
        if (incorrectAnswerCount == 1)
        {
            MessageBox.Show("Відповідь невірна. Перегляньте підказку.
Помилки: " + incorrectAnswerCount + "/3");
            Form8Hint form8hint = new Form8Hint();
            form8hint.Show();
            CalcBtnHint.Enabled = true;
        }
    }
}
```

```

    }
    if (incorrectAnswerCount == 2)
    {
        MessageBox.Show("Відповідь невірна. Перегляньте підказку.
Помилка: " + incorrectAnswerCount + "/3");
    }
    else
    {
        }
    }
}
}

```

Для можливості вводу даних з віртуальної клавіатури, були розміщені у необхідній кількості елементи "Button" та наступний код:

```

private void CalcBtnPlus_Click(object sender, EventArgs e)
{
    Button clickedButton = (Button)sender;
    textBoxAnswer.Text += clickedButton.Text;
}

```

У випадку з клавішою "Space" довелося використати наступний елемент коду, тому що напис на клавіші відрізнявся від потрібного:

```

private void CalcBtnSpc_Click(object sender, EventArgs e)
{
    string customText = " ";
    textBoxAnswer.Text += customText;
}

```

Для можливості перегляду підказки, була розміщена клавіша "Button" з написом "Підказка" та наступний код:

```

private void CalcBtnHint_Click(object sender, EventArgs e)
{
    Form8Hint form8hint = new Form8Hint();
    form8hint.Show();
}

```

Для можливості переходу до наступного питання, була розміщена клавіша "Button" з написом "Наступне питання" та наступний код:

```

private void CalcBtnNxt_Click(object sender, EventArgs e)
{
    Form9 form9 = new Form9();
    form9.Show();
    this.Hide();
}

```

Для можливості переходу до посібника користувача, була розміщена клавіша "Button" з написом "Посібник користувача" та наступний код:

```

private void CalcBtnRls_Click(object sender, EventArgs e)
{
    RulesForm rulesform = new RulesForm();
    rulesform.Show();
}

```

Для можливості виходу із тренажера, була розміщена клавіша "Button" з написом "Вихід" та наступний код:

```

private void CalcBtnExt_Click(object sender, EventArgs e)
{
    Application.Exit();
}

```

## 4.2 Опис роботи програми та інструкція користувача

Програма зустрічає користувача мінімалістичним та інтуїтивно зрозумілим інтерфейсом. Перед очима користувача, у верхній частині, – інформаційний блок; посередині, – кнопки навігації (рис. 4.5).

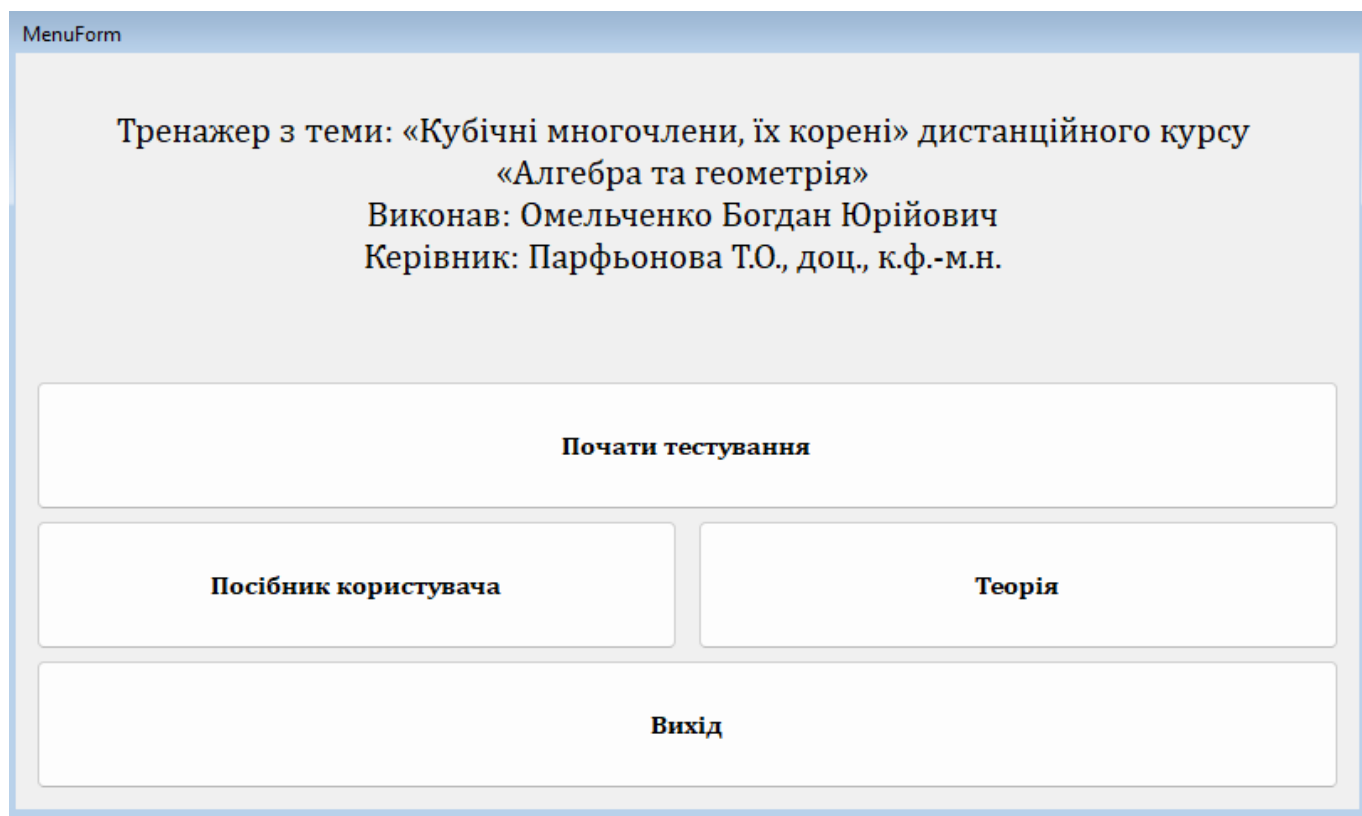


Рисунок 4.5 – Стартове вікно тренажера

Спочатку користувач повинен ознайомитися з "Довідником користувача" задля коректної роботи із програмою.

Після ознайомлення користувач повинен перейти до ознайомлення з теоретичною частиною за натиском на клавішу "Теорія" та опанувати її.

Засвоївши теоретичний матеріал, користувач може переходити до виконання практичної частини натиснувши на клавішу "Почати тестування".

Почавши тестування користувача зустріне підготовчий крок. Користувач ознайомлюється з ним та переходить до наступного через клавішу "Наступне питання" (рис. 4.6).

Step0

*Розв'яжемо кубічне рівняння методом Кардано:  $x^3 + 6x^2 + 30x + 25 = 0$*

**КРОК 0:**

Загальне кубічне рівняння – рівняння вигляду:  
 $Ax^3 + Bx^2 + Cx + D = 0$ , де  $A = 1$ ,  $B = 6$ ,  $C = 30$ ,  $D = 25$ .

На нульовому кроці необхідно поділити загальне кубічне рівняння на  $A$   
 Так як  $A = 1$ , задане рівняння є зведеним кубічним рівнянням.

Маємо розв'язати наступне кубічне рівняння методом Кардано:  
 $x^3 + 6x^2 + 30x + 25 = 0$

Наступне питання

Вихід

Рисунок 4.6 – Опрацювання початкового кроку розв'язання

З першого питання починається основна практична частина, користувач бачить умову завдання, віртуальну клавіатуру, поле для вводу, клавіша готовності, клавіша для звернення до посібника, виходу та декілька заблокованих клавіш, а саме: "Підказка" та "Наступне питання" (рис. 4.7).

Step1

Розв'яжемо кубічне рівняння методом Кардано:  $x^3 + 6x^2 + 30x + 25 = 0$

**КРОК 1:**

Для зведення кубічного рівняння  $x^3 + ax^2 + bx + c = 0$  до неповного кубічного рівняння необхідно застосувати підстановку:  $x = y - \frac{a}{3}$ .

Це дає нам змогу уникнути множника при  $x^2$ .

Застосуйте підстановку та запишіть оновлене рівняння:

Відповідь:

|   |   |   |   |   |                         |   |   |   |   |   |   |   |       |
|---|---|---|---|---|-------------------------|---|---|---|---|---|---|---|-------|
| + | - | * | / | √ | $\sqrt[3]{\phantom{x}}$ | ^ | = | a | b | c | d | x | y     |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6                       | 7 | 8 | 9 | 0 | ( | ) | ; | Space |

Готово

Підказка

Посібник користувача

Наступне питання

Вихід

Рисунок 4.7 – Опрацювання першого кроку розв'язання

Користуючись віртуальною клавіатурою користувач вводить відповідь, якщо вона неправильна, то він отримує повідомлення про помилку та можливість скористатися підказкою (рис. 4.8, 4.9).

Step1

Розв'яжемо кубічне рівняння методом Кардано:  $x^3 + 6x^2 + 30x + 25 = 0$

КРОК 1:

Для зведення кубічного рівняння  $x^3 + ax^2 + bx + c = 0$  до неповного кубічного рівняння необхідно застосувати підстановку:  $x = y - \frac{a}{3}$ .

Це дає нам змогу уникнути множника при  $x^2$ .

Застосуйте підстановку та запишіть оновлене рівняння:

Відповідь:

Відповідь невірна. Перегляньте підказку. Помилки: 1/3

OK

+

-

\*

/

1

2

3

4

5

6

7

8

9

0

(

)

;

Space

=

d

x

y

Готово

Підказка

Посібник користувача

Наступне питання

Вихід

Рисунок 4.8 – Повідомлення про першу помилку



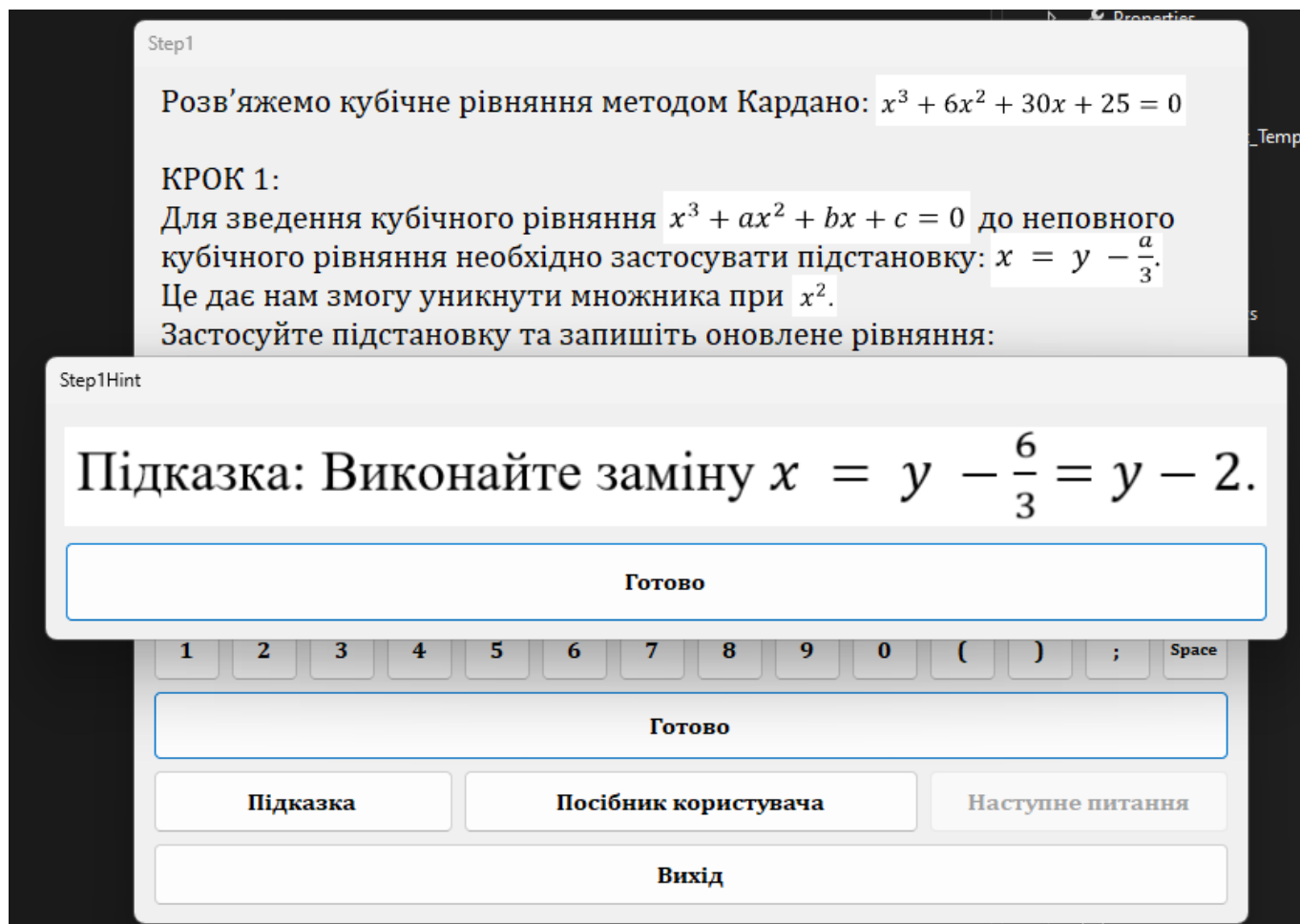


Рисунок 4.9 – Повідомлення з підказкою до розв'язання

Скориставшись підказкою, але не давши правильну відповідь користувач отримавши третю неправильну відповідь отримує можливість ознайомитися з відповіддю та перейти до наступного питання (рис. 4.10, 4.11).

Step1

Розв'яжемо кубічне рівняння методом Кардано:  $x^3 + 6x^2 + 30x + 25 = 0$

КРОК 1:  
 Для зведення кубічного рівняння  $x^3 + ax^2 + bx + c = 0$  до неповного кубічного р...  
 Це дає нам...  
 Застосуйте...

Відповідь:

Ви помилилися 3 рази. Ознайомтеся з відповіддю та переходьте до наступного питання.

OK

Готово

Підказка      Посібник користувача      Наступне питання

Вихід

Рисунок 4.10 – Повідомлення про третю помилку

Step1

Розв'яжемо кубічне рівняння методом Кардано:  $x^3 + 6x^2 + 30x + 25 = 0$

КРОК 1:

Для зведення кубічного рівняння  $x^3 + ax^2 + bx + c = 0$  до неповного кубічного рівняння необхідно застосувати підстановку:  $x = y - \frac{a}{3}$ .

Step1Answer

Відповідь:  $(y - 2)^3 + 6(y - 2)^2 + 30(y - 2) + 25 = 0$

Готово

Калькулятор з клавішами: +, -, \*, /, √, ∛, ^, =, a, b, c, d, x, y, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0, (, ), ;, Space.

Готово

Підказка      Посібник користувача      Наступне питання

Вихід

Рисунок 4.11 – Демонстрація розв'язання через нестачу спроб помилок

Після завершення тесту, користувач зможе пройти його повторно, також за нагоди може завершити спробу скориставшись клавішою "Вихід".

### 4.3 Перевірка валідності програми

Після завершення програмної реалізації не менш важливим етапом є перевірка програми на стабільність та помилки. Це заключний процес, що допомагає з'ясувати чи відповідає тренажер поставленим цілям.

По закінченню тестування на валідність виявилось, що тренажеру бракувало інструкції у користування при оформленні складних відповідей до розв'язання, що було виправлено (рис. 4.12, 4.13).

Step5

Розв'яжемо кубічне рівняння методом Кардано:  $x^3 + 6x^2 + 30x + 25 = 0$

**КРОК 5:**  
Вибрати серед запропонованих варіантів формулу Кардано:

a.  $y_1 = \sqrt[3]{-\frac{q}{2} + \sqrt{D}} + \sqrt[3]{-\frac{q}{2} - \sqrt{D}},$

b.  $y_1 = \sqrt[3]{-\frac{p}{2} + \sqrt{D}} + \sqrt[3]{-\frac{p}{2} - \sqrt{D}},$

c.  $y_1 = \sqrt[3]{-\frac{q}{2} + \sqrt{D}} - \sqrt[3]{-\frac{q}{2} - \sqrt{D}},$

d.  $y_1 = \sqrt[3]{\frac{q}{2} + \sqrt{D}} + \sqrt[3]{\frac{q}{2} - \sqrt{D}}.$

Відповідь:

Рисунок 4.12 – Відсутність клавіші виклику посібника для роботи з програмою

Step3

Розв'яжемо кубічне рівняння методом Кардано:  $x^3 + 6x^2 + 30x + 25 = 0$

**КРОК 3:**

Виконати спрощення для рівняння:  $y^3 - 6y^2 + 12y - 8 + 6y^2 - 24y + 24 + 30y - 60 + 25 = 0$   
і записати результат у вигляді:  $y^3 + py + q = 0$ .

Відповідь:

|   |   |   |   |   |                         |   |   |   |   |   |   |   |       |
|---|---|---|---|---|-------------------------|---|---|---|---|---|---|---|-------|
| + | - | * | / | √ | $\sqrt[3]{\phantom{x}}$ | ^ | = | a | b | c | d | x | y     |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6                       | 7 | 8 | 9 | 0 | ( | ) | ; | Space |

Готово

Підказка

Посібник користувача

Наступне питання

Вихід

Рисунок 4.13 – Наявність клавiші виклику посiбника для роботи з програмою

Тренажер був досконало перевiрений та має повну збiжнiсть з поставленими цiлями за розробкою алгоритму.

## ВИСНОВКИ

В результаті виконання кваліфікаційної роботи була здійснена алгоритмізація та програмування віртуального навчального застосунку дистанційного курсу «Алгебра та геометрія» з теми «Кубічні многочлени, їх корені»

Результати роботи над проектом підтвердили, що цей тренажер відзначається високою ефективністю для вивчення та розуміння теми. Такий підхід дозволяє легко інтегрувати його в навчальний процес і використовувати для навчальних цілей.

Основні результати кваліфікаційної роботи включають:

- Постановка задачі.
- Огляд програмних засобів.
- Огляд сучасних тренажерів-аналогів.
- Дослідження та опис розв'язання рівнянь за методом Кардано.
- Алгоритмізація роботи тренажеру.
- Представлення блок-схем.
- Обґрунтування програмних засобів.
- Програмна реалізація застосунку та його опис.
- Створено опис роботи програми.
- Розробка інструкції користувача.
- Тестування та перевірка валідності.

Сучасні технології дозволяють дистанційному навчанню стати відмінною альтернативою для отримання якісної освіти. Навички самостійного навчання стають надзвичайно важливими для студентів. Сучасні тренажери сприяють цьому, оскільки вони є гнучкими та індивідуалізованими, сприяючи розвитку студента як майбутнього фахівця. Ця нова тенденція змінює підхід до навчання, зробивши його більш доступним та зручним, ніж коли-небудь раніше.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Роберт Пауелл, Річард Вікс. C# and the .NET Framework. The C++ Perspective.
2. Н. С. Прокопенко Збірник програм з математики для допрофільної підготовки та профільного навчання (у двох частинах).
3. Нікітченко М.С. Теоретичні основи програмування: Навчальний посібник [Електронний ресурс] / М.С. Нікітченко. – Київ: КНУ ім. Т.Г. Шевченка, 2009.
4. Є. Я. Глушко, І. О. Теплицький, В. І. Хорольський, В. М. Соловйов, О. І. Олейніков, О. А. Учитель, С. О. Семеріков, Я. В. Шрамко . Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики.
5. Кріс Селлз, 2004. Windows Forms Programming in C#
6. Бабій М.С. Теорія програмування: Навчальний посібник [Електронний ресурс] / М.С. Бабій, О.П. Чекалов.– Суми: Вид-во СумДУ, 2009.

**ДОДАТОК А. КОД ПРОГРАМИ**