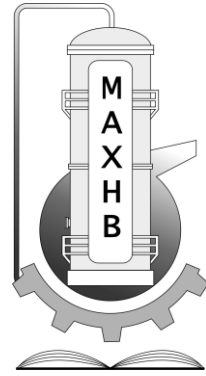




МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ  
МОЛОДІ І СПОРТУ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»



## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**ДО ПРОВЕДЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО ПРАКТИКУМУ**

**З ДИСЦИПЛІНИ**

**“Методи комп'ютерного розрахунку обладнання целюлозно-паперового  
виробництва”**

**для студентів напрямку 6.050503 Машинобудування  
спеціальність 7.05050303 “Обладнання лісового комплексу”**

Київ-2015

Методичні вказівки до проведення комп'ютерного практикуму з дисципліни “Методи комп'ютерного розрахунку обладнання целюлозно-паперового виробництва” для студентів напряму 6.050503 Машинобудування спеціальність 7.05050303 “Обладнання лісового комплексу”: [Електронний ресурс]: / НТУУ „КПІ”; уклад Я.В. Гробовенко, А.Р. Степанюк. – Київ: НТУУ „КПІ”, 2015. – 49 с.

*Гриф надано Вченою радою  
інженерно-хімічного факультету НТУУ „КПІ”  
(Протокол № 11 від 28 січня 2015 р.)*

Для студентів інженерно-хімічного факультету.

Відповідальний редактор Степанюк Андрій Романович, доцент, к.т.н.

Рецензент:

Сокольський Олександр Леонідович, доцент, к.т.н.

*Навчальне видання*

Гробовенко Ярослав Віталійович, асистент кафедри МАХНВ  
Степанюк Андрій Романович, к.т.н., доц. кафедри МАХНВ

## МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

### ДО ПРОВЕДЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО ПРАКТИКУМУ

з дисципліни

“Методи комп'ютерного розрахунку обладнання целюлозно-паперового  
виробництва”

для студентів напряму 6.050503 Машинобудування

спеціальність 7.05050303 “Обладнання лісового комплексу””

## ЗМІСТ

Вступ .....	4
1. Загальні характеристики та робоче вікно MathCAD. ....	5
1.1 Панелі інструментів .....	7
2 Елементи MathCAD.....	10
2.1 Оператори.....	11
2.2 Константи .....	12
2.3 Змінні .....	13
2.4 Масиви.....	15
2.5 Функції.....	16
3. Форматування чисел .....	18
4. Робота з текстом .....	19
5. Робота з графіками .....	20
5.1 Побудова двохвимірних графіків .....	20
5.2 Побудова полярних графіків .....	26
5.3 Побудова графіків поверхонь (трьохвимірних або 3D-графіки).....	26
6. Способи розв'язання рівнянь в MathCAD .....	30
6.1 Розв'язання рівнянь за допомогою функції $\text{root}(f(x),x)$ .....	30
6.2 Розв'язання рівнянь за допомогою функції $\text{Polyroots}(v)$ .....	31
6.3 Розв'язання рівнянь за допомогою функції $\text{Find}(x)$ .....	32
7. Розв'язання систем рівнянь .....	34
7.1 Розв'язання систем лінійних рівнянь.....	34
7.2 Рішення систем нелінійних рівнянь .....	38
8 Програмування в пакеті Mathcad .....	41
Перелік посилань .....	49

## Вступ

Шлях до впровадження у виробництво наукових розробок лежить через створення конструкторської документації. Розробка такої документації це творчий процес, який потребує від конструктора не тільки глибоких знань дисциплін, що викладаються у ВУЗі, але й уміння використовувати їх при проектуванні обладнання та проведенні розрахунків цього обладнання, що підтверджує його працездатність та надійність. Від якості конструкторської документації, як правило, залежить кінцевий результат наукової розробки та доля нових машин і апаратів. Проведення розрахунків для установок, апаратів та різних пристроїв є важливою частиною розробки технічної документації.

MathCAD є унікальною системою для проведення обчислень за визначеними виразами, з текстовою інформацією та графіками. Це гнучкий інструмент, призначений для вирішення широкого спектру задач, легкий в освоєнні і зручний у використанні. Виробник MathCAD – компанія MathSoftInc, впевнена, що її продукт є інструментом проведення наукових і технічних розрахунків для вчених і фахівців всього світу.

Mathcad має інтуїтивний і простий для використання інтерфейс користувача. Для введення формул і даних можна використовувати як клавіатуру, так і спеціальні панелі інструментів.

Mathcad відноситься до систем комп'ютерної алгебри, тобто засобів автоматизації математичних розрахунків. У цьому класі програмного забезпечення існує багато аналогів різної спрямованості і принципів побудови. Найбільш часто Mathcad порівнюють з такими програмними комплексами, як Maple, Mathematica, MATLAB, а також з їх аналогами MuPAD, Scilab, Maxima, тощо. Втім, об'єктивне порівняння ускладнюється у зв'язку з різним призначенням програм і ідеологією їх використання.

Методичні вказівки складено у відповідності до ДСТУ 3008-95.

Матеріал методичних вказівок викладено за авторами [1...8].

## 1. Загальні характеристики та робоче вікно MathCAD.

### Основні характеристики системи MathCAD:

- MathCAD дозволяє записувати на екрані комп'ютера формули в їх звичному вигляді.
- Виконувати символні перетворення і обчислення, визначати вид похідної будь-якої функції, а не тільки обчислювати її значення в заданих точках, знаходити визначені і невизначені інтеграли, вирішувати рівняння і системи рівнянь, виконувати операції над матрицями та векторами.
- Замінити комп'ютерні програми, що виконують різноманітні обчислення. Починаючи з версії 7.0 для професіоналів, є можливість запрограмувати певні дії, використовуючи такі керуючі конструкції, як умовні оператори, цикли, підпрограми, тощо.
- Замінити довідкові таблиці, наприклад таблиці інтегралів.
- Будувати двовимірні і тривимірні графіки, які можуть істотно полегшити подальші обчислення, гістограми і тривимірні стовпчасті діаграми для надання статистичної інформації.
- Дозволяє створювати документи з високою якістю оформлення.
- Допускає обмін даними з іншими додатками (наприклад, Excel, MATLAB та ін.).

### Елементи вікна MathCAD

До елементів вікна MathCAD відносяться (Рис. 1.1):

- Рядок заголовка, яка містить назву програми та ім'я відкритого документа (за замовчуванням **Untitled:1**). При збереженні документа (див. «Збереження та друк документа») MathCAD за замовчуванням до заданого імені файлу додає розширення **MCD**.
- Рядок меню (головне меню).
- Кнопки на панелях інструментів.

– Вікно робочого листа, в якому формується MathCAD - документ. лінійки прокрутки забезпечують швидке переміщення по документу з метою виведення у вікні необхідних фрагментів документа.

– Рядок стану. На початку рядка виводиться призначення активного пункту меню. Натиснувши клавішу F1 викликається довідкова система. Тут же виводяться індикатор режиму обчислень і номер поточної сторінки документа.

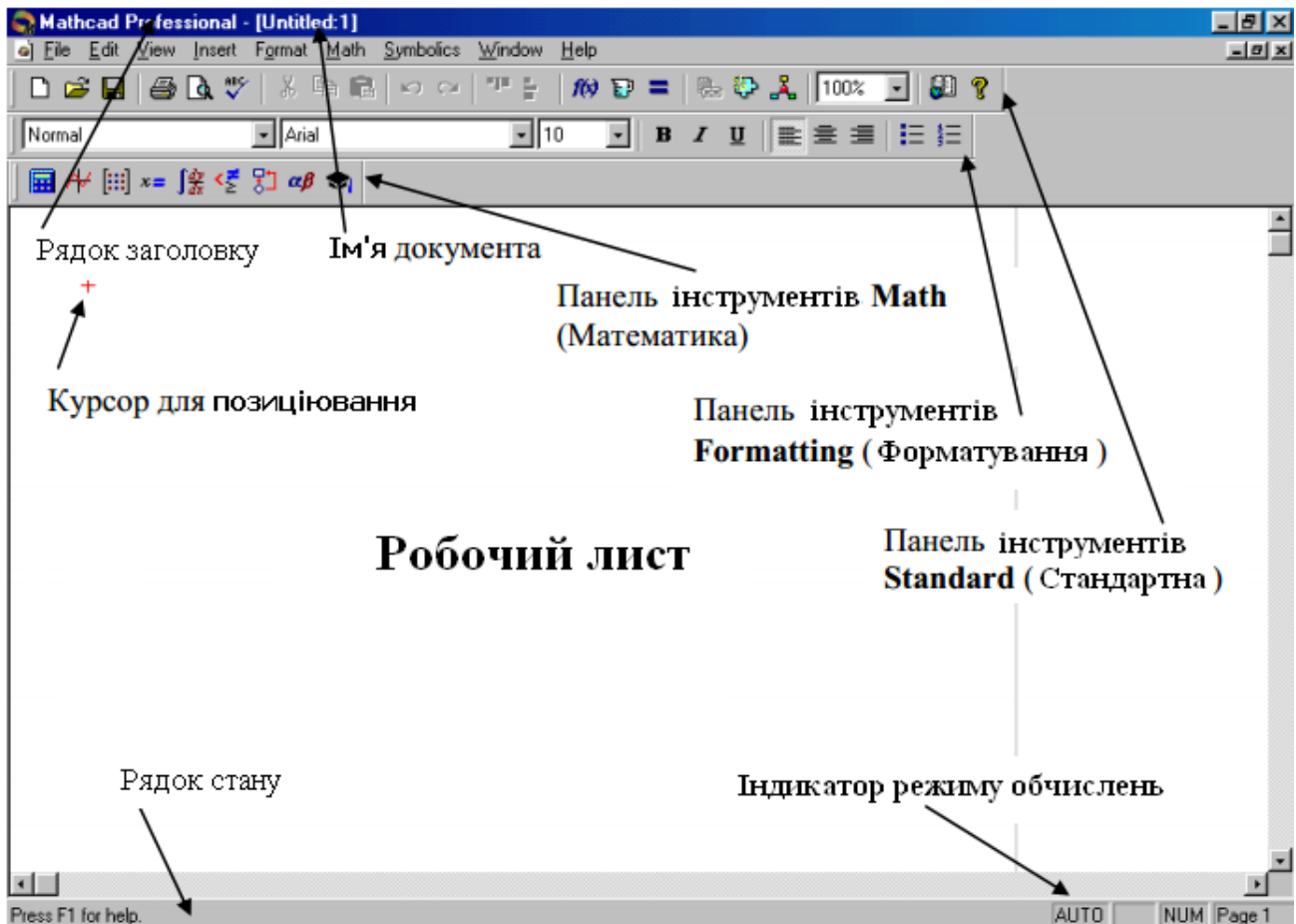


Рис. 1.1 – Елементи вікна MathCAD

Головне меню містить команди, за допомогою яких можна створювати та редагувати документ, забезпечуючи високу якість оформлення, необхідну при виведенні на друк, керувати режимом обчислень і параметрами середовища. Призначення пунктів меню дається в таблиці 1.1.

Команди, об'єднані в перерахованих групах, можуть бути активізовані за допомогою натискання відповідних кнопок, розміщених на панелі інструментів.

Таблиця 1.1 – Структура головного меню

Пункт меню	Призначення
<b>File (Файл)</b>	Команди для відкриття, збереження та виводу на друк файлів
<b>Edit (Правка)</b>	Команди редагування документу
<b>Format (Формат)</b>	Команди, які дозволяють задавати різноманітні параметри, що визначають зовнішній вид чисел, формул, тексту, колонтитулів, тощо.
<b>Insert (Вставка)</b>	Команди вставки в MathCAD– документ: графіків, матриць, функцій та інших об'єктів.
<b>View (Вид)</b>	Команди управління елементами екрану (панель інструментів, рядок стану, та інші).
<b>Math (Математика)</b>	Команди управління режимом обчислень та зміни параметрів обчислень.
<b>Symbolics (Символи)</b>	Команди символічних розрахунків.
<b>Window (Вікно)</b>	Команди для роботи з вікнами.
<b>Help (Допомога)</b>	Команди, що забезпечують доступ до довідкової системи.

## 1.1 Панелі інструментів

Основними панелями інструментів є:

- панель **Standard (Стандартні)**;
- панель **Formatting (Форматування)**;
- панель **Math (Математика)**.

Включення і виключення режиму відображення різних панелей інструментів здійснюється за допомогою команди **View (Вид)** з подальшим

вибором необхідного пункту меню. Рекомендується завжди мати включеними всі три перераховані панелі інструментів (див. рис.1.1).

Перші дві панелі містять кнопки, призначення яких однаково для будь-якого Windows-додатка ( Рис. 1.2 вказано призначення деяких кнопок), тому докладно розглянемо тільки третю панель **Math**.

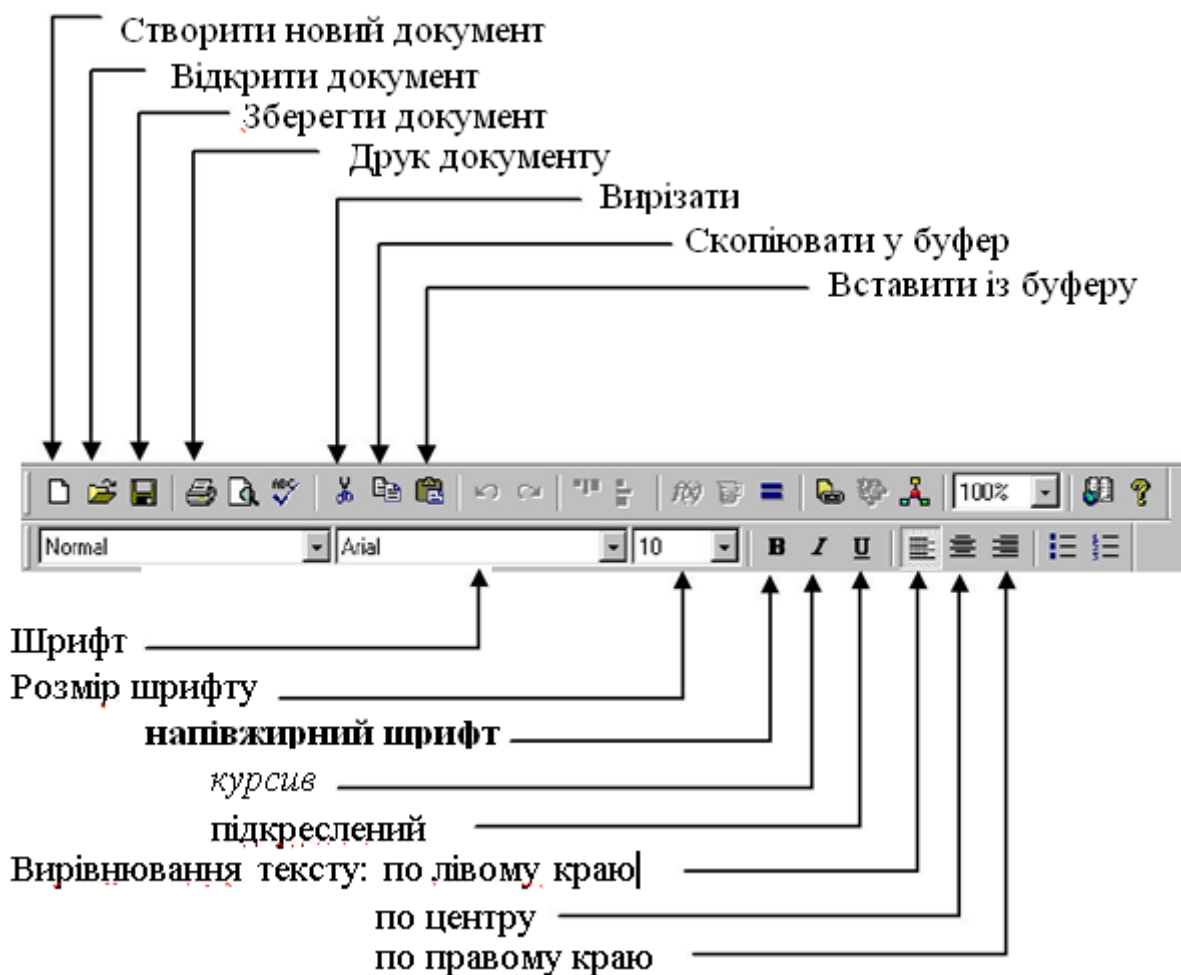


Рис. 1.2 – Склад панелей **Standard** і **Formatting**

### Характеристика панелі інструментів **Math** (Математика)

Панель інструментів **Math** (Математика) містить кнопки для відображення ряду панелей інструментів, які використовуються для введення формул, побудови графіків, завдання символічних операцій. Загальна характеристика кнопок панелі дана в таблиці 1.2.



Таблиця 1.2 – Панель інструментів **Math (Математика)**

Піктограма	Назва панелі	Призначення панелі
	<b>Calculator</b> (Калькулятор)	Введення арифметичних операцій, деяких часто використовуваних функцій, операторів присвоювання і виведення результату.
	<b>Boolean</b> (Булева, Логічна)	Введення логічних операторів та операторів порівняння.
	<b>Evaluation</b> (Визначення, Обчислення,)	Введення операторів локального і глобального присвоювання і оператора результату.
	<b>Graph (Графіка)</b>	Побудова двох- і тривимірних графіків.
	<b>Matrix (Матриці)</b>	Введення векторів, матриць і операторів їх обробки.
	<b>Calculus</b> (Обчислення)	Введення операторів, обчислення похідних, інтегралів, сум, добутків і границь, тригонометричних функцій. <b>Значення аргументу тригонометричних функцій задаються в радіанах.</b>
	<b>Greek (Грецький алфавіт)</b>	Введення грецьких літер.
	<b>Symbolic (Символи)</b>	Задавання ключових слів для виконання символічних обчислень.
	<b>Programming</b> (Програмування)	Вставка операторів програмування.

На рисунку 1.3 показані склад і можливий варіант розміщення перерахованих у таблиці 1.2 панелей.

Деякі панелі можна розміщувати на тих же рядках вікна, де розміщені основні панелі інструментів, наприклад, як це показано на рисунку 1.4 (панель **Math** та панель **Calculus**, що входить до її складу, розміщені в одному рядку).

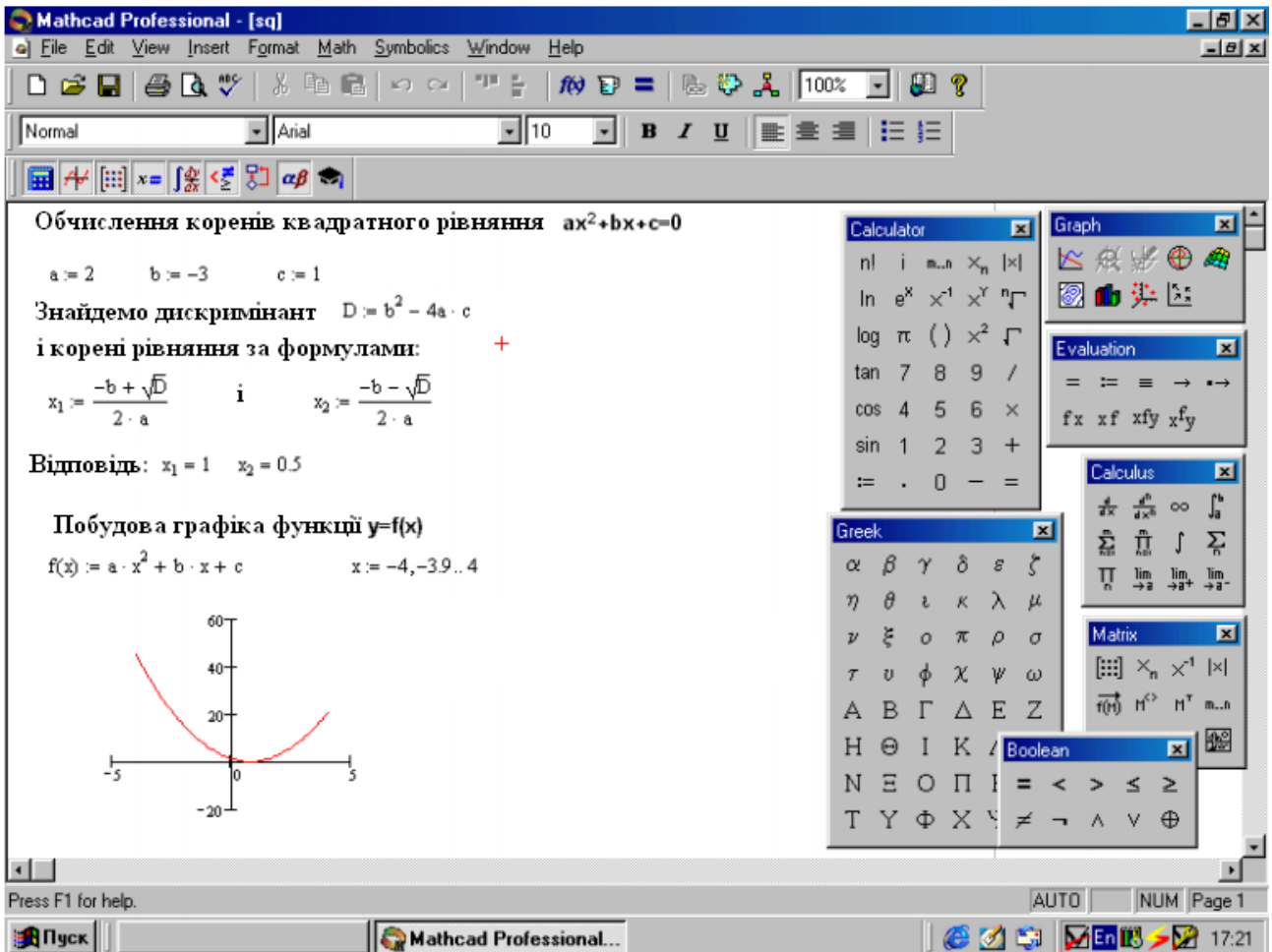


Рис. 1.3 – Структура основних панелей інструментів **Math**

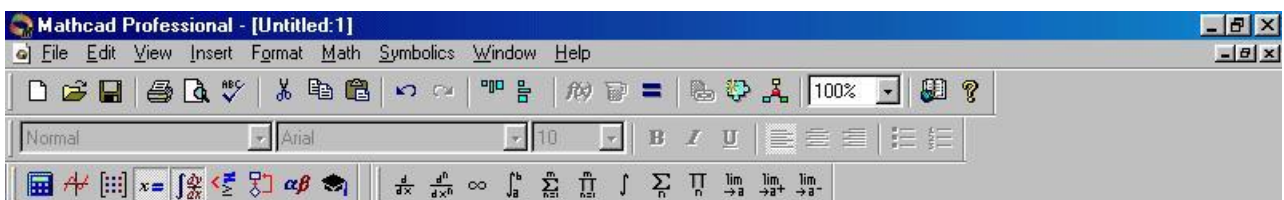


Рис. 1.4 – Можливий варіант розміщення панелей **Math** і **Calculus**

## 2 Елементи MathCAD

MathCAD-документ я сукупністю областей різних типів: формула, графік, текст. Приклад найпростішого документа наведено на рисунку 1.3. Кожна область має форму прямокутника і може розміщуватися в будь-якому місці робочого аркуша. Для позиціонування областей використовується курсор

(червоного кольору), що має хрестоподібну форму (Рис. 1.1). У текстовій області курсор має форму вертикальної лінії червоного кольору, а в області типу формула та графік – форму кутика синього кольору. Переміщення курсору виконується за допомогою клавіш управління курсором або переміщенням покажчика миші з подальшим одноразовим клацанням її лівої кнопки. Область, яка є активною або поточною (створюється, редагується), виділяється прямокутною рамкою. Рамка зникає, як тільки курсор виводиться з області.

До основних елементів математичних виразів MathCAD відносяться оператори, константи, змінні, масиви і функції.

## 2.1 Оператори

**Оператори** — елементи MathCAD, за допомогою яких створюють математичні вирази. До них, наприклад, відносять символи арифметичних операцій, знаки обчислення сумування, добутку, похідної, інтегралу, тощо.

Оператор визначає:

а) дію, яка повинна виконуватися при наявності тих, або інших значень операндів;

б) скільки, де і які операнди мають бути введені в оператор.

**Операнд** – число або вираз, на які діє оператор. Наприклад, у виразі  $5!+3$  числа  $5!$  і  $3$  – операнди оператора «+» (плюс), а число  $5$  – операнд факторіалу (!).

Будь-який оператор в MathCAD можливо ввести двома способами:

- натискуючи клавішу (комбінацію клавіш) на клавіатурі;
- використовуючи математичну панель.

Для присвоєння або виводу вмісту комірки пам'яті, що зв'язана із змінною, використовуються наступні оператори:

■ := ■ — знак присвоєння (вводиться натисканням клавіші: на клавіатурі (двокрапка на англійській розкладці клавіатури) або натисканням відповідної кнопки на панелі *Калькулятор*);

Таке присвоювання називається локальним. Присвоюється те значення, яке встановлюється в данному місці користувачем. До цього присвоювання змінна не визначена і її не можливо використовувати.

$\approx$  — оператор наближеної рівності ( $x1$ ). Використовується при розв'язанні систем рівнянь. Вводиться натисканням клавіші ; на клавіатурі (крапка з комою на англійській розкладці клавіатури) або натисканням відповідної кнопки на **Булевій панелі**.

Або оператор (дорівнює), відповідає за виведення значення константи або змінної. Присвоюється значення, яке було встановлено раніше або зарезервовано мовою MathCAD або встановлюється в данному місці користувачем.

$\equiv$  – глобальний оператор присвоювання. Це присвоювання може проводитися в будь-якому місці документу. Наприклад, якщо змінній присвоєно таким чином значення в кінці документу, то вона буде мати це ж значення і на початку документу.

## Найпростіші обчислення

Процес обчислення відбувається за допомогою наступних панелей:



панелі калькулятора **Calculator (Калькулятор)**;



панелі обчислень **Calculus (Обчислення, Визначення)**;



панелі оцінки. **Evaluation (Визначення)**

**Увага.** Якщо необхідно розділити весь вираз в чисельнику, то його потрібно спочатку виділити, натиснувши пробіл на клавіатурі або помістити в дужки.

## 2.2 Константи

**Константи** — іменовані об'єкти, що зберігають деякі значення, які не можуть бути змінені.

Наприклад,  $\pi = 3.14$ .

**Розмірні константи** — це загальноприйняті одиниці вимірювання. Наприклад, метри, секунди, та т. ін.

Щоб записати розмірну константу, необхідно після числа ввести знак \* (помножити), вибрати пункт меню **Вставка** підпункт **Юніт**. У вимірюваннях найбільше відомі такі категорії: **Length** — довжина (м, км, см); **Mass** — маса (гр, кг, т); **Time** — час (хв, сек, год).

## 2.3 Змінні

**Змінні** є іменованими об'єктами, що мають певне значення, яке може змінюватися під час виконання програми. Змінні можуть бути числовими, строковими, символічними, та т. ін. Значення змінним задають за допомогою знаку присвоїти ( $:=$ ).

**Увага.** В MathCAD заголовні та прописні літери сприймаються як різні ідентифікатори.

### *Системні змінні*

В **MathCAD** міститься невелика група особливих об'єктів, які неможна віднести ні до класу констант, ні до класу змінних, значення яких визначенні зразу після запуску програми. Їх правильно рахувати *системними змінними*. Наприклад, **TOL [0.001]** – похибка чисельних розрахунків, **ORIGIN[0]** – нижня межа значення індексу індексації векторів, матриць. При необхідності значення цим змінним, можна задати інші величини.

### *Ранжируванні змінні*

Ці змінні мають ряд фіксованих значень, або цілочисельних, або значень, які змінюються із певним кроком від початкового значення до кінцевого.

Для створення ранжируваної змінної використовується вираз:

$$\mathbf{Name} = \mathbf{N}_{\text{begin}}, (\mathbf{N}_{\text{begin}} + \mathbf{Step}) .. \mathbf{N}_{\text{end}}$$

де **Name** — ім'я змінної;

**N<sub>begin</sub>** — початкове значення;

**Step** — крок зміни значення змінної;

**N<sub>end</sub>** — кінцеве значення.

Ранжируванні змінні широко застосовуються при побудові графіків. Наприклад, для побудови графіку деякої функції  $f(x)$  спочатку необхідно створити ряд значень змінної  $x$  — для цього вона повинна бути ранжируваною змінною.

**Увага.** Якщо в діапазоні змінної не вказувати крок, то програма автоматично встановить його рівним 1.

**Приклад.** Змінна  $x$  змінюється в діапазоні від  $-16$  до  $+16$  з кроком  $0.1$ .

Щоб записати ранжирувану змінну, необхідно ввести:

- назву змінної ( $x$ );
- знак присвоєння ( $:=$ );
- перше значення діапазону ( $-16$ );
- кому;
- друге значення діапазону, яке є сумою першого значення і кроку (тобто  $-16+0.1$ );
- знак ( $..$ ) — зміна змінної в заданих межах (цей знак вводиться натисканням крапки з комою в англійській розкладці клавіатури);
- останнє значення діапазону ( $16$ ).

В результаті отримаємо:  $x := -16, -16+0.1..16$ .

**Увага.** Як десятковий розподільник використовується крапка “.”.

### **Таблиці виводу**

Будь-який вираз із ранжируемими змінними після знаку рівності ініціює таблицю виводу.

В таблиці виводу можна і вставляти числові значення і коректувати їх.

### **Змінна з індексом**

*Змінна з індексом* — це змінна, якій присвоєно набір не пов'язаних одне з одним чисел, кожне із яких має свій номер (індекс).

Введення індексу здійснюється натисканням лівої квадратної дужки на клавіатурі або за допомогою кнопки  $x_n$  на панелі **Калькулятор**.

В якості індексу можна використовувати як константу, так і вираз. Для ініціалізації змінної з індексом необхідно ввести елементи масиву, розділяючи їх комами.

**Приклад.** Введення індексних змінних.

$i := 0..2$  — індекс змінюється від 0 до 2 (індексна змінна буде містити 3 елементи).

$s_i :=$

-2
2
5.75

— введення числових значень в таблицю відбувається через кому;

$s_0 = -2$  — вивід значення нульового елемента вектору  $S$ ;

$s_1 = 2$  — вивід значення першого елемента вектору  $S$ .


## 2.4 Масиви

**Масив** — сукупність числових і символьних елементів, впорядкованих деяким чином, які мають визначені адреси та унікальне ім'я.

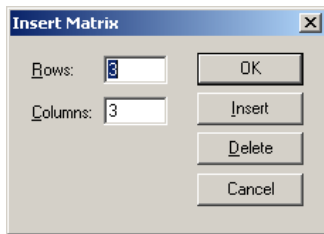
В пакеті **MathCAD** використовуються масиви двох найбільш поширених типів:

- одновимірні (вектори);
- двовимірні (матриці).

Вивести шаблон матриці або вектору можна одним із способів:

- вибрати пункт меню **Вставка - Матриця**;
- натиснути комбінацію клавіш **Ctrl + M**;
- натиснути кнопку  на **Панелі векторів і матриць**.

В результаті з'явиться діалогове вікно, в якому задається необхідне число рядків та стовпців:

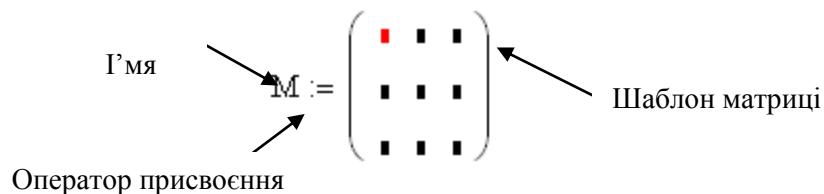


**Rows** — число рядків

**Columns** — число стовпців

Якщо матриці (вектору) потрібно присвоїти ім'я, то на початку вводиться ім'я матриці (вектору), а потім – оператор присвоєння, а в кінці – шаблон матриці.

**Наприклад:**





**Матриця** — двовимірний масив з іменем  $M_{n,m}$ , що включає  $n$  рядків та  $m$  стовпців.

З матрицями можна виконувати різні математичні операції.

## 2.5 Функції

**Функція** — вираз, відповідно до якого проводяться певні обчислення із аргументами і визначається їх числове значення. Приклади функцій: **sin(x)**, **tan(x)**, тощо.

Функції в пакеті MathCAD можуть бути як вбудованими, так і визначеними користувачем. Способи вставки вбудованих функцій:

- Вибрати пункт меню **Вставка – Функція**.
- Натиснуть  комбінацію клавіш **Ctrl + E**.
- Натиснути  на панелі інструментів.
- Набрати ім'я функції на клавіатурі.



Функції користувача зазвичай використовуються при багатократних обчисленнях одного і того ж виразу. Для того, щоб задати функцію користувача необхідно:

– Ввести ім'я функції із обов'язковим записом аргумента в дужках, наприклад,  $f(x)$ .

– Ввести оператор присвоєння ( $:=$ ).

– Ввести вираз для обчислення.

**Приклад.**  $f(z) := \sin(2 \cdot z^2)$ .

### 3. Форматування чисел

В MathCAD можна змінювати формат виводу чисел. Зазвичай обчислення проводяться з точністю 20 знаків, але виводяться на екран не всі значущі цифри. Щоб змінити формат числа, необхідно два рази натиснути на потрібному числовому результаті. З'явиться вікно форматування чисел, яке відкрите на вкладці **Number Format (Формат чисел)** із наступними форматами:

– **General (Основний)** – прийнятий за замовчуванням. Числа відображаються з порядком (наприклад,  $1.22 \times 10^5$ ). Число знаків мантиси в полі **Exponential Threshold (Поріг експоненціального представлення)**. При перевищенні порогу число відображається з порядком. Число знаків після десяткового знаку ( крапки ) змінюється на поле **Number of decimal places**.

– **Decimal (Десятковий)** – десяткове представлення чисел з плаваючим десятковим знаком (наприклад, 12.2316).

– **Scientific (Науковий)** – числа відображаються тільки з порядком.

– **Engineering (Інженерний)** – числа відображаються тільки з порядком, кратним трьом (наприклад,  $1.22 \times 10^6$ ).

**Увага.** Якщо після встановлення потрібного формату у вікні форматування чисел вибрати кнопку **Ок**, формат встановиться тільки для виділеного числа. А якщо вибрати кнопку **Set as Default**, формат буде застосований для всіх чисел даного документу.

Автоматично числа округляються до нуля, якщо вони менше встановленого порогу. Поріг встановлюється для всього документу, а не для конкретного результату. Для того щоб змінити поріг округлення до нуля, необхідно вибрати пункт меню **Форматування – Результат** і на вкладці **Tolerance**, в поле, що відкрилося **Zero threshold** ввести необхідне значення порогу.

## 4. Робота з текстом

Текстові фрагменти є частинами тексту, які користувач хотів би бачити в своєму документі. Це можуть бути пояснення, посилання, коментарі, тощо. Вони вставляються за допомогою пункту меню **Вставка – Текстовий регіон** (Рис. 4.1).

Дозволяється виконувати форматування тексту: поміняти шрифт, його розмір, вид, вирівнювання, тощо. Для цього потрібно його виділити і вибрати відповідні параметри на панелі шрифтів або в меню **Форматування – Текст**.

The screenshot shows the Mathcad software interface. The menu bar includes: **Mathcad - [Безымянный:1]**, **Файл**, **Правка**, **Вид**, **Вставка**, **Формат**, **Инструменты**, **Символьные операции**, **Окно**, **Справка**. The **Вставка** (Insert) menu is open, showing options like **График**, **Матрица...**, **Функция...**, **Единица измерения...**, **Рисунок**, **Область**, **Разрыв страницы**, **Регион формул**, **Регион текста**, **Компонент...**, **Данные**, **Элемент управления**, **Объект...**, **Ссылка...**, and **Гиперссылка...**. The **Регион текста** option is highlighted. A red arrow points from the text 'Вставка текстовых фрагментів' to this menu item. Another red arrow points from the text 'Текстова область' to the graph area. The graph shows a cosine function  $f(x) = \cos(2 \cdot x)$  plotted on a coordinate system with x-axis from -2 to 2 and y-axis from -1 to 0.5. The text 'Розв'язати рівняння' is visible above the graph, along with the equation  $x := 0 .. \frac{\pi}{3}$ .

Розв'язання: При чисельному розв'язанні рівнянь бажано завжди будувати графік функції. Це допоможе уникнути помилок і правильно визначити потрібний інтервал локалізації коренів. Побудуємо графік нашої функції:

Рис. 4.1– Приклад виконання текстових даних

## 5. Робота з графіками

При вирішенні багатьох задач, де відбувається дослідження функції, часто виникає необхідність в побудові її графіка, де наглядно буде відображено поведінку функції на певному проміжку.

В системі MathCAD існує можливість побудови різних видів графіків: в Декартові та полярній системах координат, трьохвимірних графіків, поверхонь тіл обертання, багатокутників, просторових кривих, графіків векторного поля. Розглянемо прийоми побудови деяких з них.

### 5.1 Побудова двохвимірних графіків

Для побудови двохвимірного графіка функції необхідно:

- задати діапазон значень аргументу;
- задати функцію;

– встановити курсор в те місце документу, де має бути побудований графік, на математичній панелі вибрати кнопку **Graph (Графік)**, далі на відкритій панелі кнопку **X-Y Plot (Двохвимірний графік)**;

– в отриманому шаблоні двовимірного графіку, що є пустий прямокутник із мітками даних, в центральну мітку даних по осі абсцис (вісь X) ввести ім'я змінної, а на місті центральної мітки даних по осі ординат (вісь Y) ввести ім'я функції (Рис. 5.1);

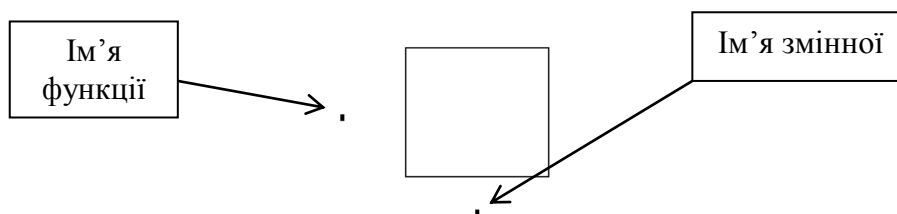


Рис. 5.1 – Шаблон двохвимірного графіку

– клацнути мишкою поза шаблоном графіку – графік функції буде побудовано.

Діапазон зміни аргументу складається із 3-х значень: початкове, друге і кінцеве.

**Приклад.** Нехай необхідно побудувати графік функції на інтервалі  $[-2,2]$  з кроком 0.2. Значення змінної  $t$  задається у вигляді діапазону наступним чином:

$$t := -2, -1.8 .. 2,$$

де: 2 — початкове значення діапазону;

1.8  $(-2 + 0.2)$  — друге значення діапазону (початкове значення плюс крок);

2 — кінцеве значення діапазону.

**Увага.** Двокрапка вводиться натисканням крапки з комою на англійській розкладці клавіатури.

**Приклад.** Побудова графіка функції  $y = x^2$  на інтервалі  $[-5,5]$  з кроком 0.5. Вирішення наведено на рисунку 5.2.

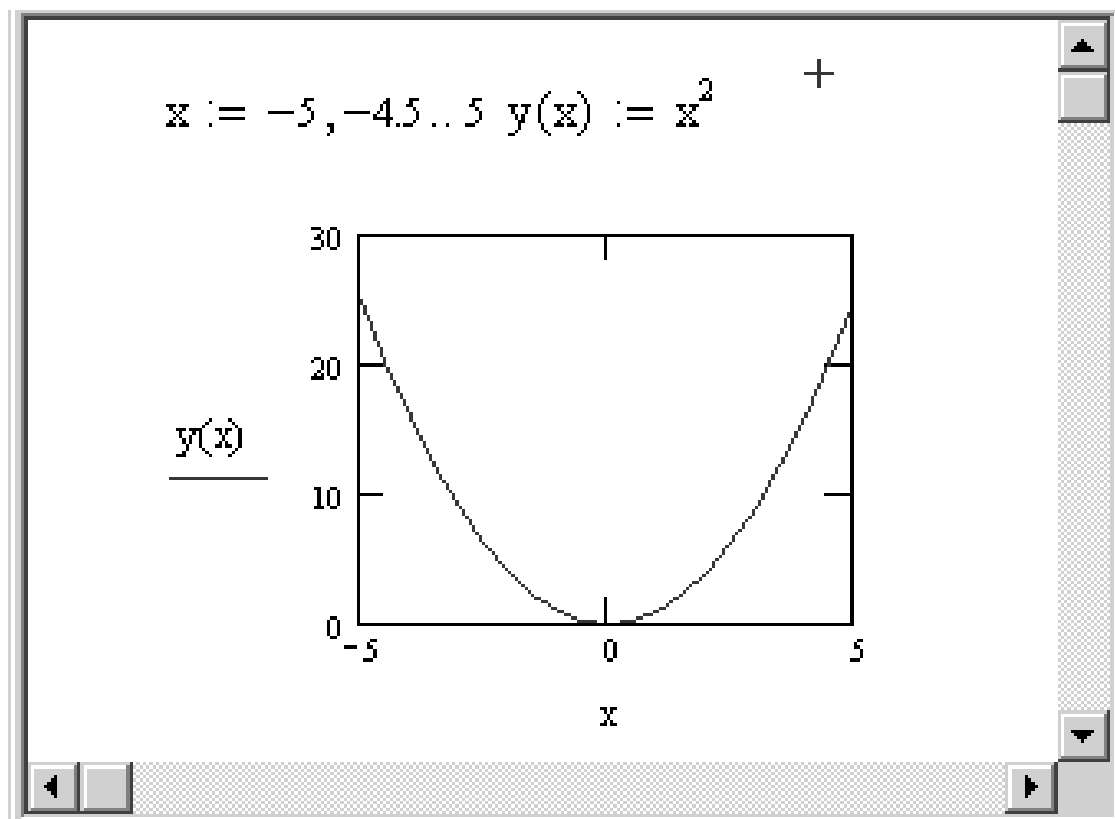


Рис.

5.2 – Побудова графіку функції  $y = x^2$

При побудові графіків необхідно враховувати наступне:

– Якщо діапазон значень аргументу не заданий, то по замовчуванню графік будується в діапазоні  $[-10,10]$ .

– Якщо в одному шаблоні необхідно розмістити декілька графіків, то імена функцій вказуються через кому.

– Якщо дві функції мають різні аргументи, наприклад  $f1(x)$  і  $f2(y)$ , то на осі ординат (Y) через кому вказуються імена функцій, а по осі абсцис (X) — імена обох змінних також через кому.

– Крайні мітки даних на шаблоні графіку служать для вказування граничних значень абсцис і ординат, тобто вони задають масштаб графіку. Якщо залишити ці мітки незаповненими, то масштаб буде встановлений автоматично. Автоматичний масштаб не завжди відображає графік в потрібному виді, тому граничні значення абсцис і ординат приходить редагувати, змінюючи вручну.

**Примітка.** Якщо після побудови графік не приймає потрібний вигляд, можна:

- Зменшити крок.
- Змінити інтервал побудови графіку.
- Зменшити на графіку граничні значення абсцис і ординат.

**Приклад.** Побудова кола з центром в точці  $(2,3)$  і радіусом  $R = 6$ .

Рівняння кола з центром в точці з координатами  $(x_0, y_0)$  і радіусом  $R$  записується у вигляді:

$$(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 = R^2$$

Виразимо із цього рівняння  $y$ :

$$(y - y_0)^2 = R^2 - (x - x_0)^2$$
$$y - y_0 = \pm \sqrt{R^2 - (x - x_0)^2}$$
$$y = \pm \sqrt{R^2 - (x - x_0)^2} + y_0$$

Таким чином, для побудови кола необхідно задати дві функції: верхнього і нижнього півкола. Діапазон значень аргументу обчислюється наступним чином:

- початкове значення діапазону буде  $x_0 - R$ ;
- кінцеве значення діапазону = буде  $x_0 + R$ ;
- крок краще взяти рівним 0.1

Вирішення наведено на рисунку 5.3.

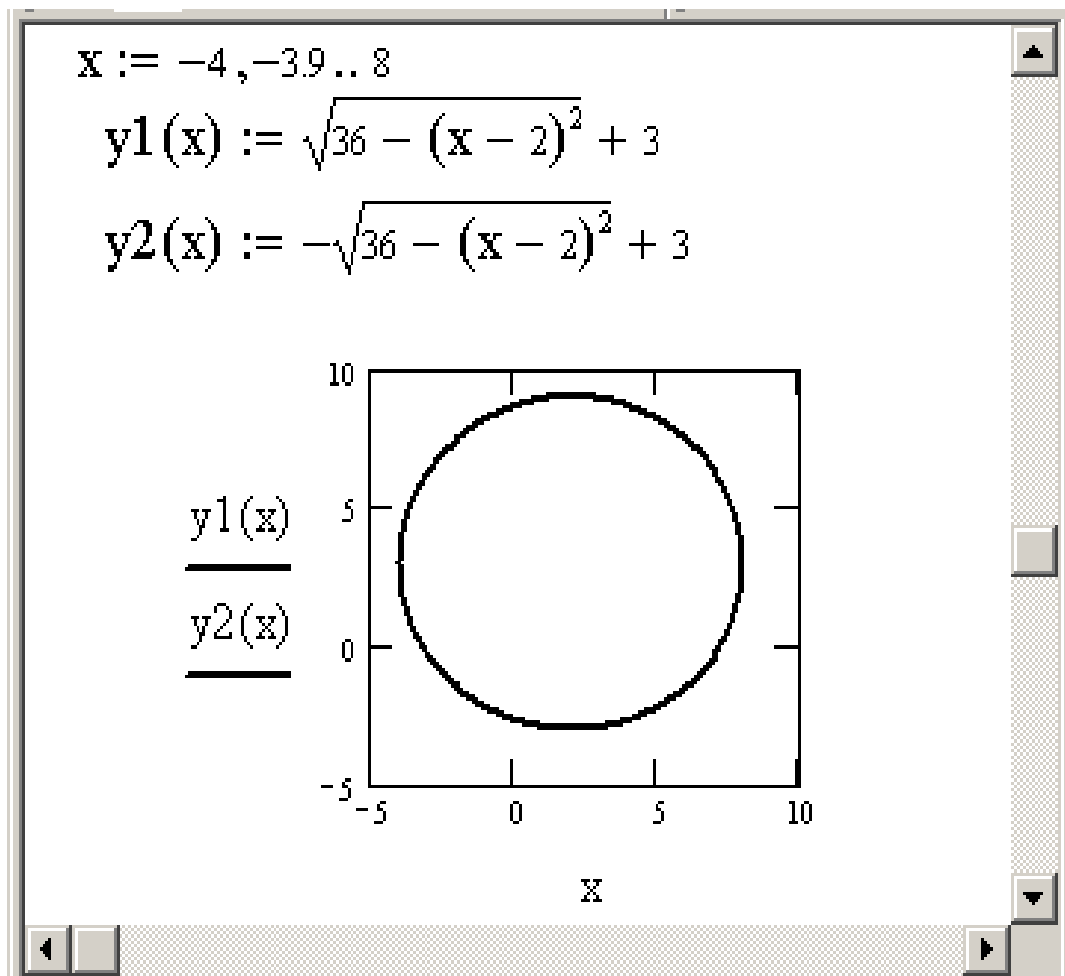


Рис. 5.3 – Побудова кола

### Параметричний графік функції

Іноді краще замість рівняння лінії, що зв'язує координати  $x$  і  $y$ , розглядати так звані параметричні рівняння лінії, що дають вираз поточних координат  $x$  і  $y$  у вигляді функцій від деякої змінної величини  $t$  (параметра):  $x(t)$  і  $y(t)$ . При побудові параметричного графіку на осях ординат і абсцис вказуються імена функцій одного аргументу.

**Приклад.** Побудова кола з центром в точці з координатами (2,3) і радіусом  $R = 6$ . Для побудови використовується параметричне рівняння кола:

$$x = x_0 + R\cos(t) \quad y = y_0 + R\sin(t)$$

Вирішення наведено на рисунку 5.4.

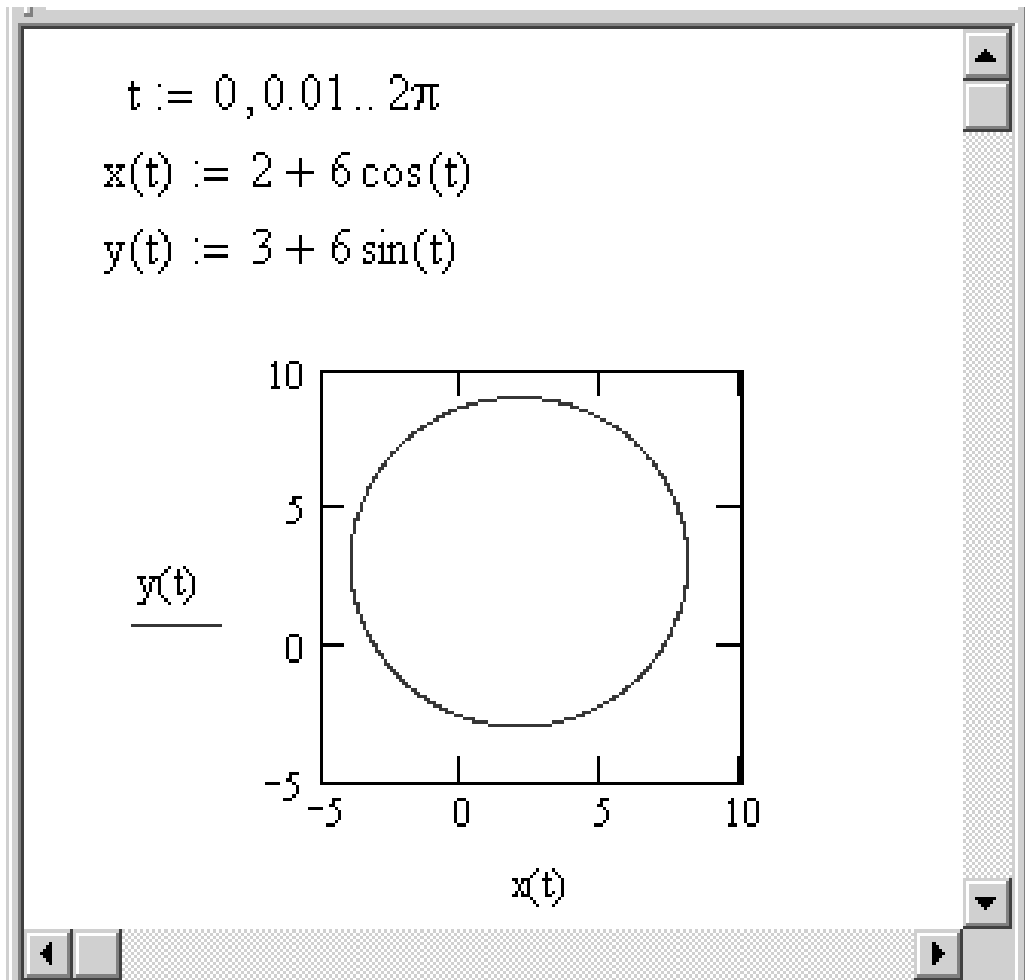


Рис. 5.4 – Побудова кола, використовуючи параметричне рівняння

### Форматування графіків

Щоб відформувати графік, необхідно два рази натиснути по області графіку. Відкриється діалогове вікно форматування графіку. Нижче перераховані вкладки вікна форматування графіку:

– **X-Y Axes** – форматування осей координат.

Встановивши необхідні прапорці можна:

– **Log Scale** – представлення числових значень на осях в логарифмічному масштабі (за замовчуванням числові значення наносяться в лінійному масштабі).

– **Grid Lines** – нанести сітку ліній.

– **Numbered** – розмістити числа по координатним осям.



– **Auto Scale** – автоматичний вибір граничних числових значень на осях (якщо цей прапорець знятий, граничними будуть максимальні обчислені значення).

– **Show Marker** – нанесення міток на графік у вигляді горизонтальних або вертикальних пунктирних ліній, що відповідають вказаному значенню на осі, причому самі значення виводяться вкінці ліній (на кожній осі з'являються два місця вводу, в які можна ввести чисельні значення, можна не вводити нічого, ввести лише одне число або буквені позначення констант).

– **Auto Grid** – автоматичний вибір числа ліній сітки (якщо цей прапорець знятий, необхідно задати число ліній в полі **Number of Grids**).

– **Crossed** – вісь абсцис проходить через нуль ординати.

– **Boxed** – вісь абсцис проходить по нижньому краю графіка.

– **Trace** – форматування ліній графіків функцій. Для кожного графіка окремо можна змінити:

– символ (**Symbol**) на графіку для вузлових точок (кружок, хрестик, прямокутник, ромб);

– вид ліній (**Solid** – суцільна, **Dot** – пунктир, **Dash** – штрихи, **Dadot** – штрих–пунктир);

– колір лінії (**Color**);

– тип (**Type**) графіку (**Lines** – лінія, **Points** – точки, **Bar** або **Solidbar** – стовпчики, **Step** – ступінчастий графік, та т.ін.);

– товщину ліній (**Weight**).

– **Label** – заголовок в області графіка. В поле **Title** (**Заголовок**) можна записати текст заголовка, вибрати його положення – зверху або знизу графіка (**Above** – зверху, **Below** – знизу). Можна вписати, якщо треба, назву аргументу і функції (**Axis Labels**).

– **Defaults** – за допомогою цієї вкладки можна вернутися до виду графіку, прийнятому за замовчуванням (**Change to default**), або зроблені вами зміни на графіку використати за замовчуванням для всіх графіків даного документу (**Use for Defaults**).

## 5.2 Побудова полярних графіків

Для побудови полярного графіка функції необхідно:

- задати діапазон значень аргументу;
- задати функцію;
- встановити курсор в те місце документу, де має бути побудований графік, на математичній панелі вибрати кнопку **Graph (Графік)** і, у відкритій панелі, кнопку **Polar Plot (Полярний графік)**;
- в місті введення шаблону необхідно ввести кутовий аргумент функції (внизу) і ім'я функції (зліва).

**Приклад.** Побудова лемніскати Бернуллі:  $\rho = \sqrt{2 \cos(2\phi)}$ . Вирішення наведено на рисунку 5.5.

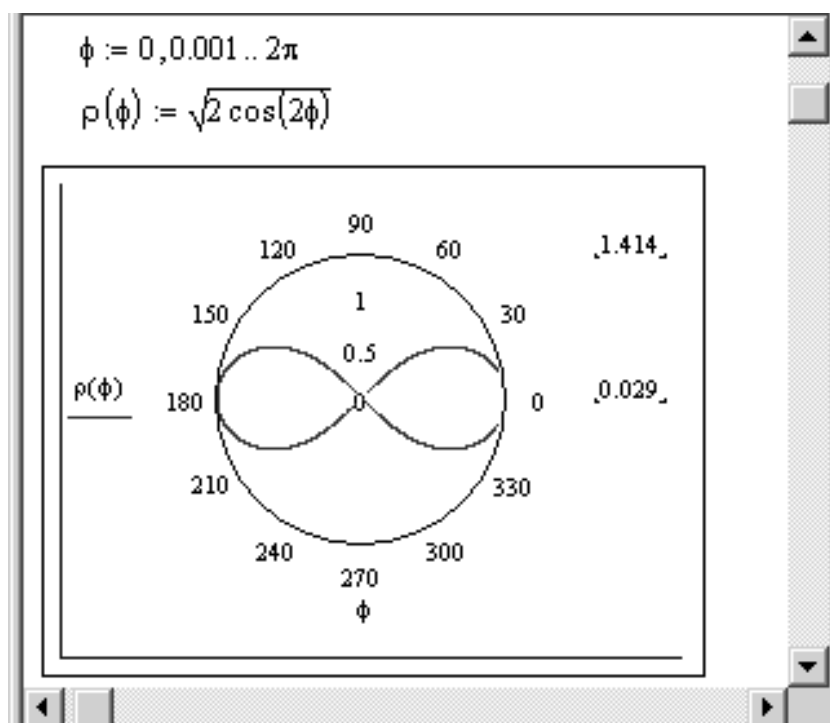


Рис. 5.5 – Приклад побудови полярного графіку

## 5.3 Побудова графіків поверхонь (трьохвимірних або 3D-графіки)

При побудові трьохвимірних графіків використовується панель **Graph (Графік)** математичної панелі. Трьохвимірний графік можна побудувати декількома способами:

- за допомогою майстра, що визивається із головного меню;
- створивши матрицю значень функції двох змінних;
- використати швидкий метод побудови;
- визвати спеціальні функції **Create Mech** і **Create Spase**, призначені


для створення масиву значень функції і побудови графіку.

Розглянемо швидкий метод побудови трьохвимірного графіку.

### Швидка побудова графіку.

Для швидкої побудови трьохвимірного графіку функції необхідно:

- задати функцію;
- встановити курсор в те місце, де має бути побудований графік, на математичній панелі вибрати кнопку **Graph (Графік)** і в відкритій панелі

кнопку  (**Поверхневий графік**);

- лише в одне місце шаблону введіть ім'я функції (не вказуючи змінні);
- клацніть лівою клавішею миші поза шаблоном графіку – графік функції

буде побудований.

**Приклад.** Побудова графіку функції  $z(x,y) = x^2 + y^2 - 30$ . Вирішення наведено на рисунку 5.6.

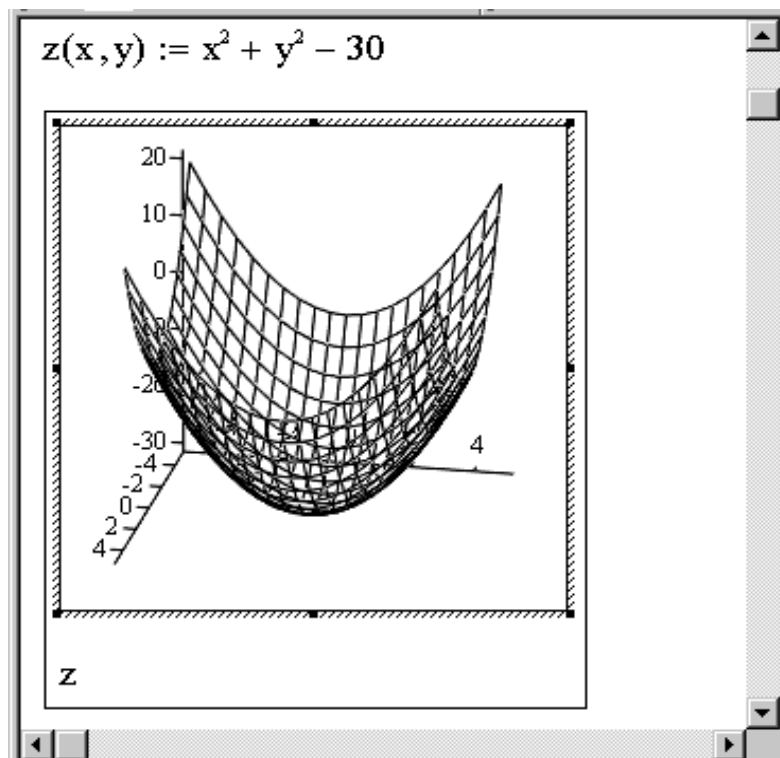


Рис. 5.6 – Приклад «швидкої» побудови поверхневого графіку

Побудованим графіком можна управляти:

- обертання графіку виконується після наведення на нього покажчика миші та наступному затисканні лівої клавіші миші;
- масштабування графіка виконується після наведення на нього покажчика миші при одночасному натисненні лівої кнопки миші і клавіші **Ctrl** (якщо рухати мишу, графік наближається або віддаляється);
- анімація графіка виконується аналогічно, але при натиснутій додатково клавіші **Shift**. Необхідно тільки почати обертання графіка мишею, далі анімація буде виконуватися автоматично. Для зупинки обертання слід клацнути лівою кнопкою миші всередині області графіка.

Існує можливість побудови відразу декількох поверхонь на одному малюнку. Для цього необхідно задати обидві функції і через кому вказати імена функцій на шаблоні графіка.

При швидкій побудові графіка за замовчуванням вибираються значення обох аргументів в межах від -5 до +5 і число контурних ліній, дорівнює 20. Для зміни цих значень необхідно:

- два рази натиснути по графіку лівою клавішею миші;
- у відкритому вікні вибрати вкладку **Quick Plot Data**;
- ввести нові значення в області вікна **Range1** — для першого аргументу і **Range2** — для другого аргументу (start — початкове значення, end — кінцеве значення);
- в полі **# of Grids** змінити число ліній сітки, що покривають поверхню;
- натиснути кнопку **Ok**.

**Приклад.** Побудова графіку функції  $z(x,y) = -\sin(x^2 + y^2)$ . Вирішення наведено на рисунку 5.7.

При побудові цього графіку границі зміни значень обох аргументів краще вибрати від -2 до +2.

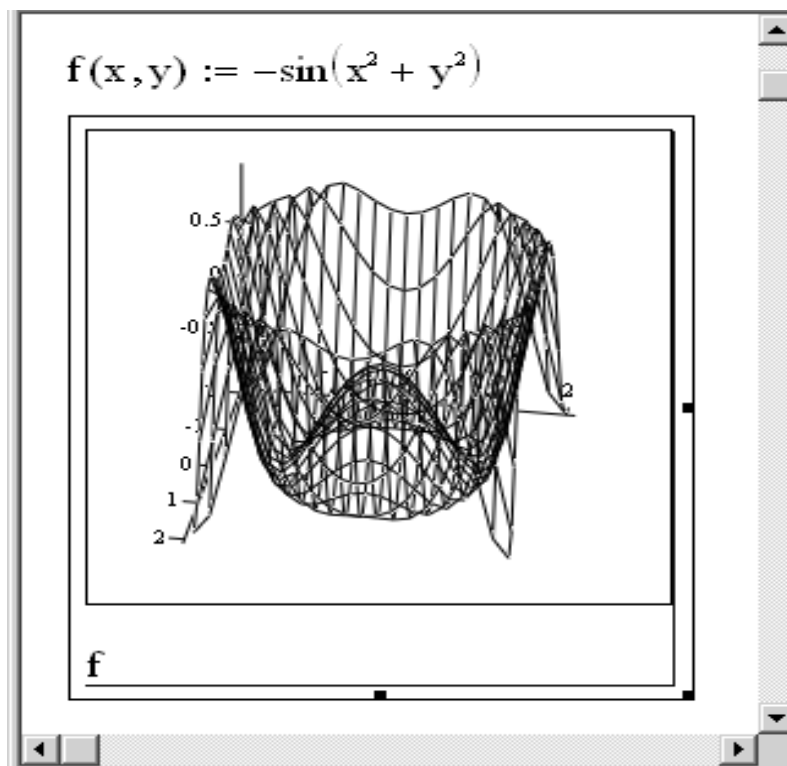


Рис. 5.7 – Приклад побудови графіку функції  $z(x,y) = -\sin(x^2 + y^2)$

### Форматування трьохвимірних графіків

Для форматування графіку необхідно два рази натиснути лівою кнопкою миші по області побудови – з’явиться вікно форматування із декількома вкладками: **Appearance**, **General**, **Axes**, **Lighting**, **Title**, **Backplanes**, **Special**, **Advanced**, **Quick Plot Data**.

Призначення вкладки **Quick Plot Data** було розглянуте вище.

Вкладка **Appearance** дозволяє змінювати зовнішній вид графіка. Поле **Fill Options** дозволяє змінити параметри заливки, поле **Line Option** — параметри ліній, **Point Options** — параметри точок.

На вкладці **General (Загальні)** в групі **View** можна вибрати кути повороту зображення поверхні навколо всіх трьох осей; в групі **Display as** можна змінити тип графіку.

На вкладці **Lighting (Освітлення)** можна керувати освітленням, встановивши прапорець **Enable Lighting (Увімкнути освітлення)** і перемикач **On (Увімкнути)**. Одна із 6-ти можливих схем освітлення вибирається в списку **Lighting scheme (Схема освітлення)**.

## 6. Способи розв'язання рівнянь в MathCAD

У даному розділі описано, яким чином в системі MathCAD вирішуються найпростіші рівняння виду  $F(x) = 0$ . Вирішити рівняння аналітично – значить знайти всі його корені, тобто такі числа, при підстановці яких у вихідне рівняння отримаємо рівність.

Вирішити рівняння графічно – значить знайти точки перетину графіка функції з віссю OX.

### 6.1 Розв'язання рівнянь за допомогою функції $\text{root}(f(x),x)$

Для рішень рівняння з одним невідомим виду  $F(x)=0$  існує спеціальна функція:

$$\text{root}(f(x),x),$$

де  $f(x)$  — вираз, що дорівнює нулю;

$x$  — аргумент.

Ця функція повертає із заданою точністю значення змінної, при якому вираз  $f(x)$  дорівнює 0.

**Увага.** Якщо права частина рівняння  $\neq 0$ , то необхідно привести його до нормального виду (перенести все в ліву частину).

Перед використанням функції **root** необхідно задати аргументу  $x$  початкове наближення. Якщо коренів декілька, то для пошуку кожного кореня необхідно задавати своє початкове наближення.

**Увага.** Перед вирішенням бажано побудувати графік функції, щоб перевірити, чи є корені (чи перетинає графік функції вісь OX), і якщо є, то скільки. Початкове наближення можна вибрати за графіком якнайближче до точки перетину.

**Приклад.** Розв'язати рівняння  $x^3 = 15x$  за допомогою функції **root**.

Вирішення наведено на рисунку 6.1. Перед тим як приступати до розв'язання в системі MathCAD, в рівнянні все перемістимо в ліву частину. Рівняння набуде виду:  $x^3 - 15x = 0$ .

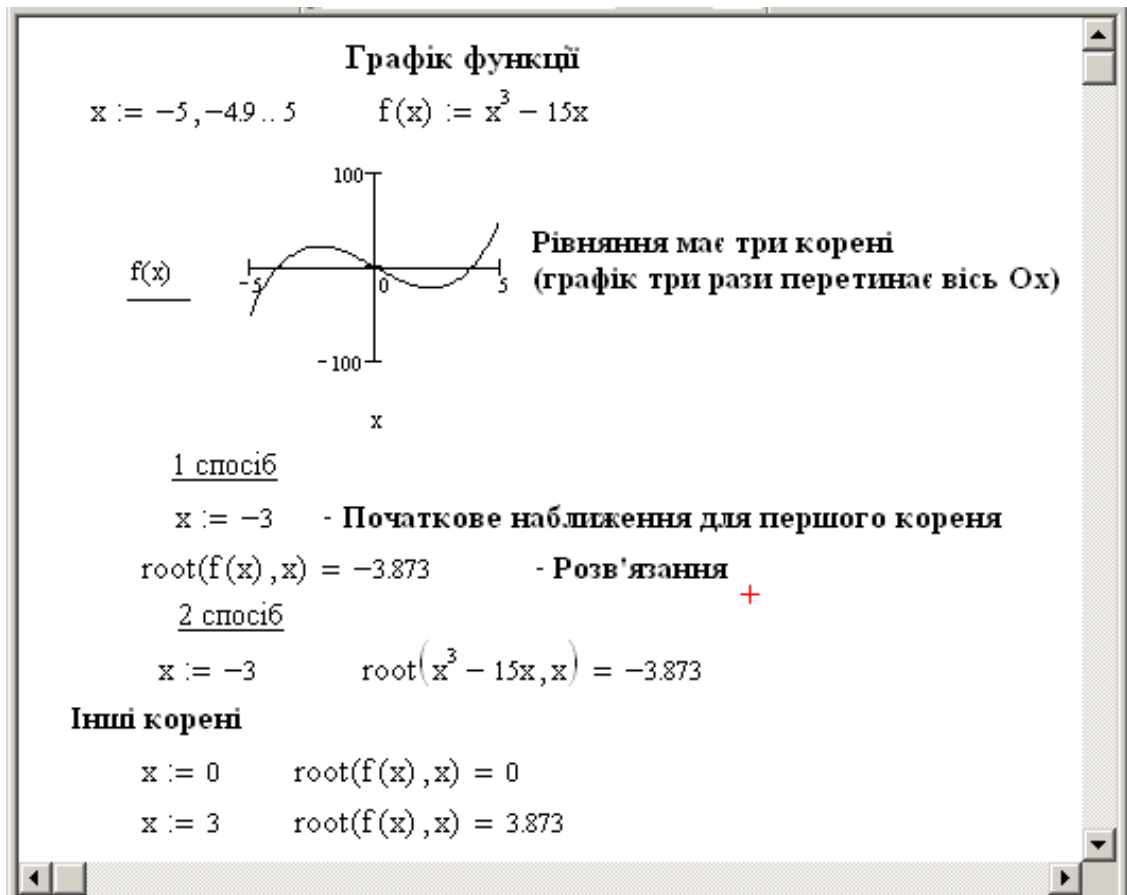


Рис. 6.1 – Вирішення рівняння за допомогою функції root

## 6.2 Розв'язання рівнянь за допомогою функції Polyroots(v)

Для одночасного знаходження всіх коренів поліному використовують функцію **Polyroots(v)**, де  $v$  — вектор коефіцієнтів поліному, починаючи із вільного члену. Нульові коефіцієнти пропускати необхідно. На відміну від функції **root** функція **Polyroots** не потребує початкового наближення.

**Приклад.** Розв'язання рівняння  $0.75 \cdot x^3 - 8 \cdot x + 5 = 0$  за допомогою функції **polyroots** зображено на рисунку 6.2.

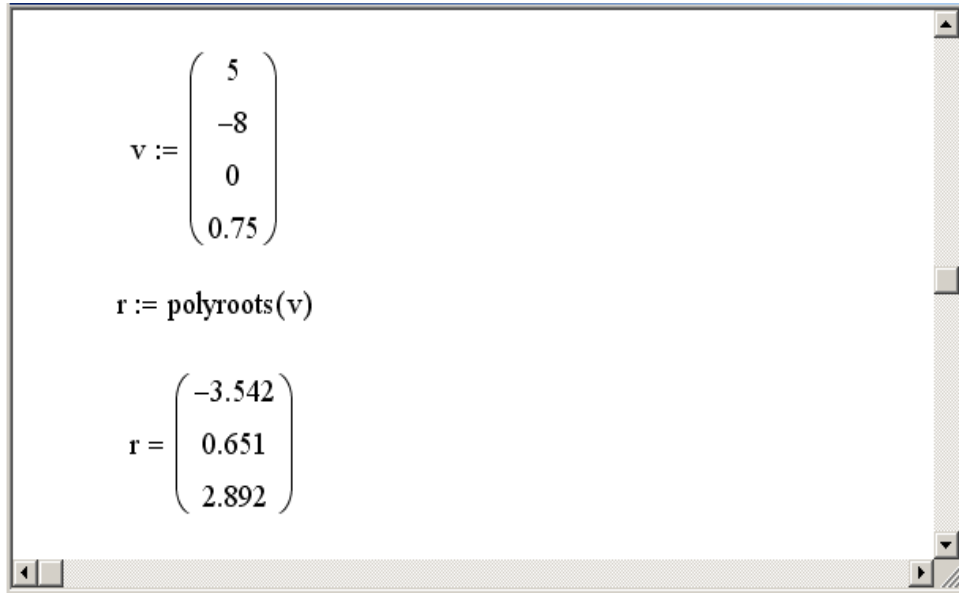


Рис. 6.2 – Розв’язання рівняння за допомогою функції polyroots

### 6.3 Розв’язання рівнянь за допомогою функції Find (x)

Функція **Find** (Знайти) працює в разом з ключовим словом **Given** (Дано). Конструкція **Given - Find** використовує розрахункову методику, засновану на пошуку кореня поблизу точки початкового наближення, заданої користувачем.

Якщо задано рівняння  $f(x) = 0$ , то його можна вирішити за допомогою блоку **Given - Find** наступним чином:

- задати початкове наближення:

$$x := x_0$$

- ввести службове слово:

**Given**

- записати рівняння, використовуючи знак жирне дорівнює:

$$f \mathbf{=} 0$$

- написати функцію **Find** з невідомою змінною як параметр:

$$\text{find}(x)=$$

В результаті після знаку дорівнює виводиться знайдений корінь.

Якщо існує декілька коренів, то їх можна знайти, міняючи початкове наближення  $x_0$  на близьке до шуканого кореню.



**Приклад.** Розв'язання рівняння  $x^2 + 8 = e^x$  за допомогою функції **find** зображено на рисунку 6.3.

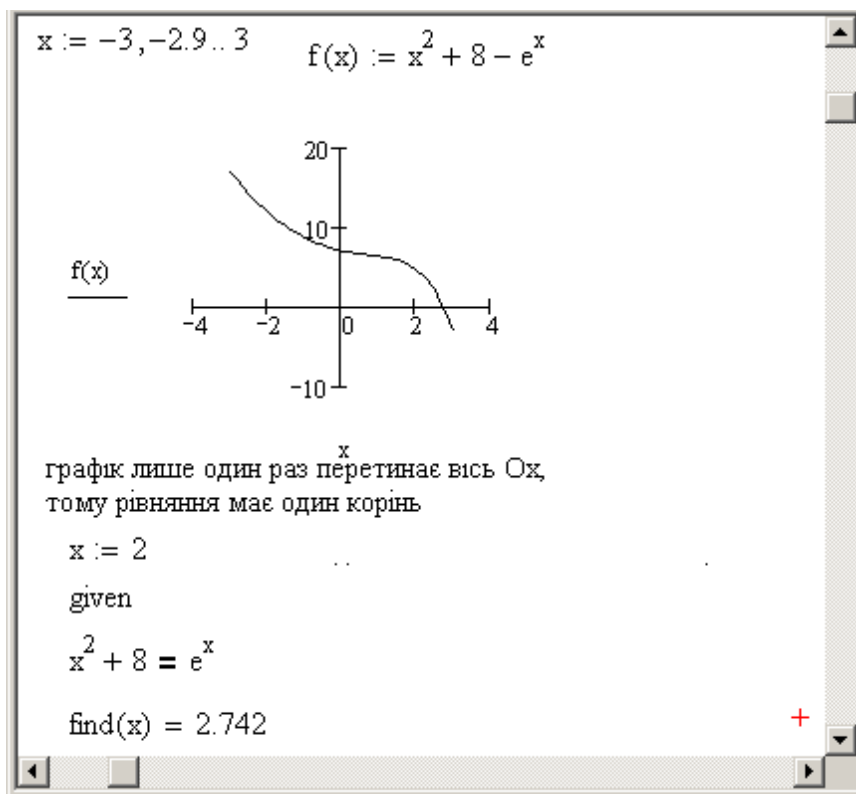


Рис. 6.3 – Розв'язання рівняння за допомогою функції **Find**

Іноді виникає необхідність відзначити на графіку якісь точки (наприклад, точки перетину функції з віссю Oх). Для цього необхідно:

- вказати значення  $x$  даної точки (по осі Oх) і значення функції в цій точці (по осі Oy);
- двічі клацнути по графіку і у вікні форматування у вкладці **Traces** для відповідної лінії вибрати тип графіка - points, товщину лінії - 2 або 3.

**Приклад.** На графіку відмічено точка перетину функції  $f(x) = x^2 + 8 - e^x$  із віссю Oх. Координата  $x$  цієї точки була знайдена в попередньому прикладі:  $x = 2.742$  (корінь рівняння). Вирішення наведено на рисунку 6.4.

У вікні форматування графіка у вкладці **Traces** для trace2 змінені: тип графіка - points, товщина лінії - 3, колір - чорний.

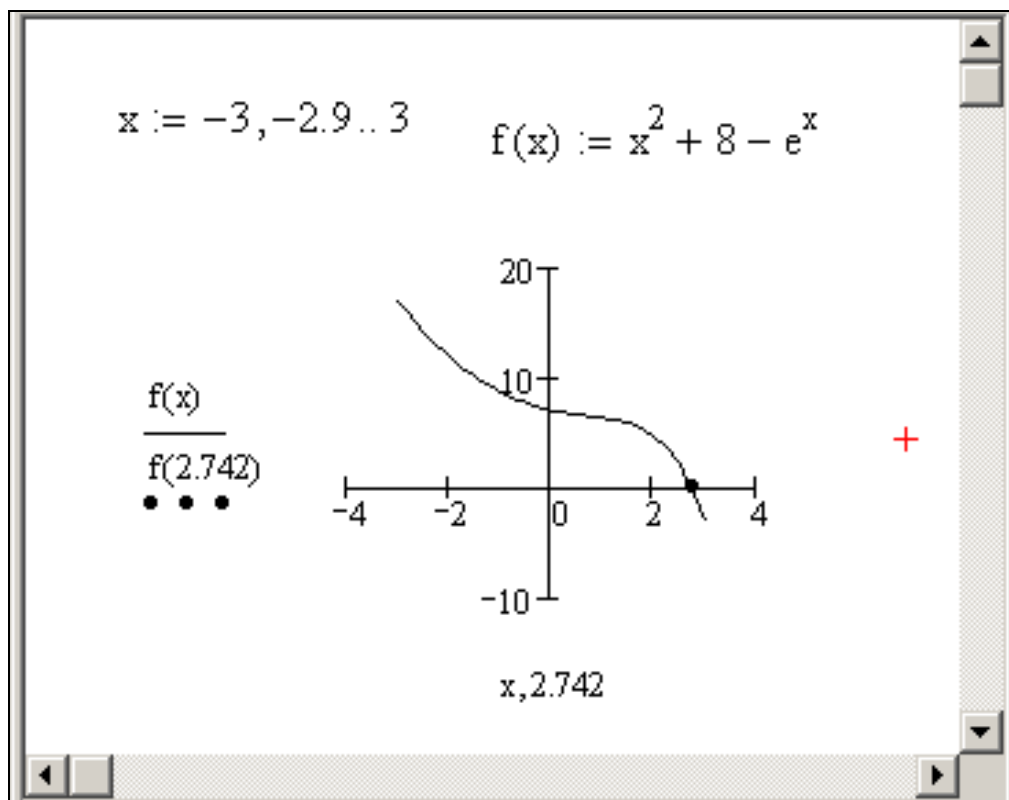


Рис. 6.4 – Графік функції  $f(x) = x^2 + 8 - e^x$  із відміченою точкою перетину осі

## 7. Розв'язання систем рівнянь

### 7.1 Розв'язання систем лінійних рівнянь

Систему лінійних рівнянь можна вирішити *матричним методом* (або через зворотню матрицю, або використовуючи функцію **Isolve** (A, B)) з використанням двох функцій: функції **Find** і функції **Minerr**.

#### Матричний метод

**Приклад.** Дано систему рівнянь:

$$\begin{cases} 3x_1 + 4x_2 = 5 \\ 5x_1 + 4x_2 = 3 \end{cases}$$

Рішення даної системи рівнянь матричним методом зображено на рисунку 7.1.

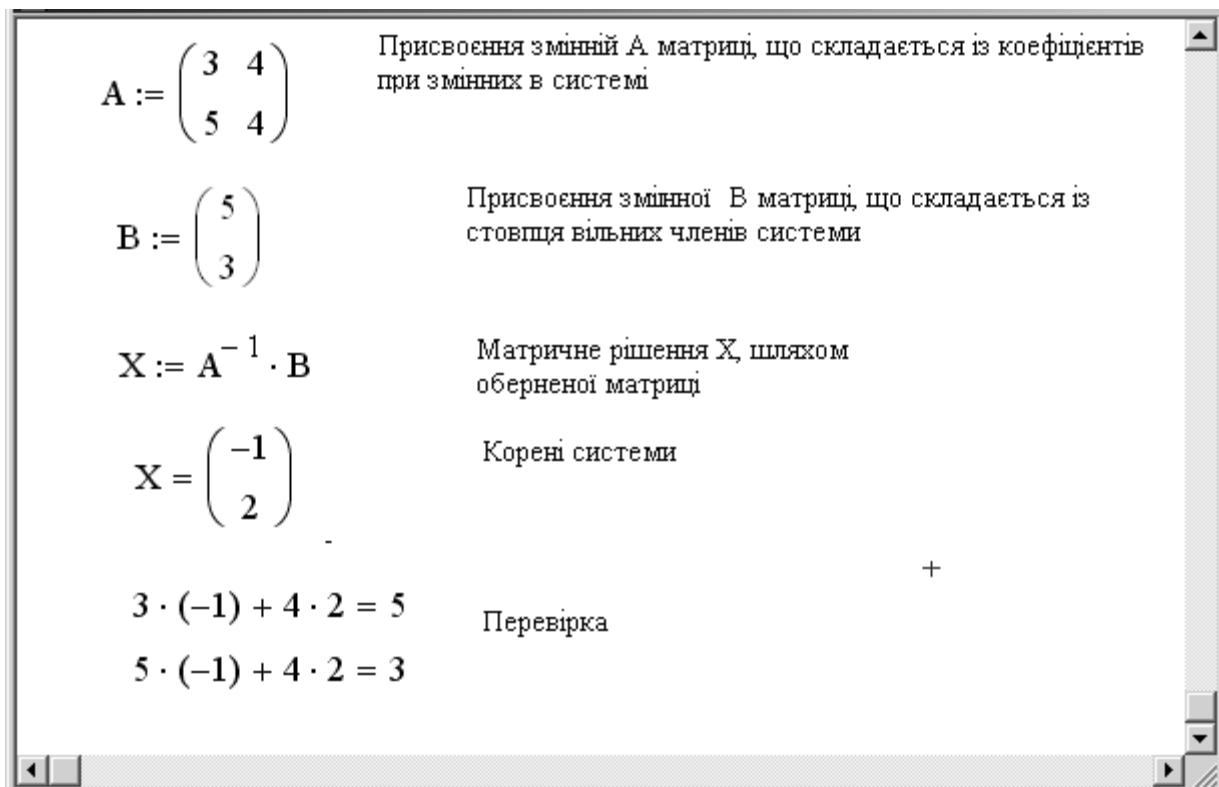


Рис. 7.1 – Рішення системи лінійних рівнянь матричним методом

### Використання функції **lsolve(A,B)**

**Lsolve** (A, B) — це вбудована функція, яка повертає вектор X для системи лінійних рівнянь при заданій матриці коефіцієнтів A і векторі вільних членів B.

**Приклад.** Дано систему рівнянь:

$$\begin{cases} 1.2357 x_1 + 2.1742 x_2 - 5.4834 x_3 = 1 \\ 6.0696 x_1 - 6.2163 x_2 - 4.6921 x_3 = 1. \\ 3.4873 x_1 + 6.1365 x_2 - 4.7483 x_3 = 1 \end{cases}$$

Спосіб вирішення даної системи з використанням функції **lsolve** (A, B) наведено на рисунку 7.2.

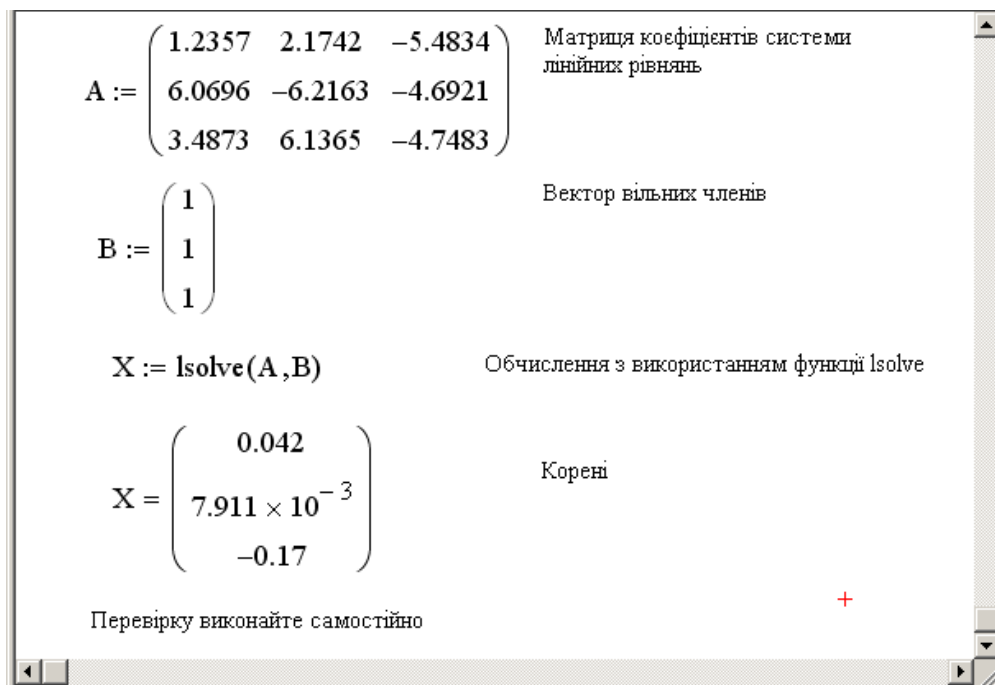


Рис. 7.2 – Рішення системи лінійних рівнянь з використанням функції **lsolve**

### Рішення системи лінійних рівнянь за допомогою функції **Find**

При цьому методі рівняння вводяться без використання матриць, тобто в «натуральному вигляді». Попередньо необхідно вказати початкові наближення невідомих змінних. Це можуть бути будь-які числа, що входять в область визначення. Часто за них приймають стовпець вільних членів.

Для того щоб вирішити систему лінійних рівнянь за допомогою обчислювального блоку **Given - Find**, необхідно:

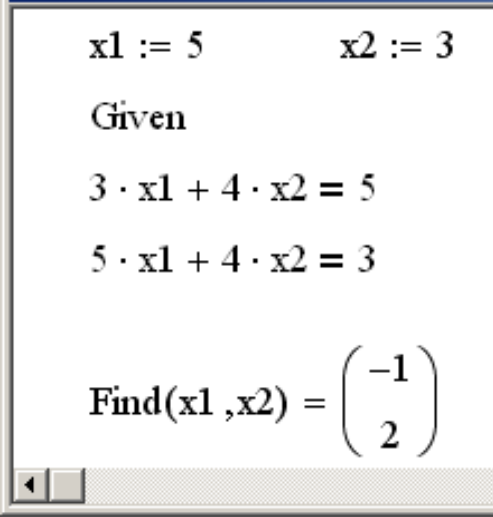
- 1) задати початкові наближення для всіх змінних;
- 2) ввести службове слово **Given**;
- 3) записати систему рівнянь, використовуючи знак **жирне дорівнює** ( $\equiv$ );
- 4) написати функцію **Find**, перерахувавши невідомі змінні в якості параметрів функції.

У результаті розрахунків виводиться вектор рішення системи.

**Приклад.** Дано систему рівнянь:

$$\begin{cases} 3x_1 + 4x_2 = 5 \\ 5x_1 + 4x_2 = 3 \end{cases}$$

Рішення даної системи за допомогою обчислювального блоку **Given - Find** наведено на рисунку 7.3.



```
x1 := 5      x2 := 3  
  
Given  
  
3 · x1 + 4 · x2 = 5  
5 · x1 + 4 · x2 = 3  
  
Find(x1 ,x2) =  $\begin{pmatrix} -1 \\ 2 \end{pmatrix}$ 
```

Рис. 7.3 – Рішення системи лінійних рівнянь за допомогою функції **Find**

### Наближене рішення системи лінійних рівнянь

Рішення системи лінійних рівнянь за допомогою функцію **Minerr** аналогічно рішення за допомогою функції **Find** (використовується той же алгоритм), тільки функція **Find** дає точне рішення, а **Minerr** - наближене. Якщо в результаті пошуку не може бути отримано подальше уточнення поточного наближення до розв'язку, **Minerr** повертає це наближення. Функція **Find** в цьому випадку повертає повідомлення про помилку.

### Загальні рекомендації за рішенням рівнянь і систем рівнянь

У випадку, коли MathCAD не може самостійно знайти рішення:

- Можна підібрати інше початкове наближення.
- Можна збільшити або зменшити точність розрахунків. Для цього в

меню вибрати **Math ► Options (Математика – Опції)**, вкладка **Built-In Variables (Вбудовані змінні)**. У вкладці, необхідно зменшити допустиму похибку обчислень (**Convergence Tolerance (TOL)**). За замовчуванням **TOL = 0.001**.

**Увага.** При матричному методі рішення необхідно розставити коефіцієнти згідно зростанню невідомих  $x1, x2, x3, x4$ .

## 7.2 Рішення систем нелінійних рівнянь

Системи нелінійних рівнянь в MathCAD вирішуються за допомогою обчислювального блоку **Given - Find**.

Конструкція **Given - Find** використовує розрахункову методику, засновану на пошуку кореня поблизу точки початкового наближення, заданої користувачем.

Для вирішення системи рівнянь за допомогою блоку **Given - Find** необхідно:

- задати початкові наближення для всіх змінних;
- ввести службове слово **Given**;
- записати систему рівнянь, використовуючи знак **жирне дорівнює** ( $\equiv$ );
- описати функцію **Find**, перерахувавши невідомі змінні в якості параметрів функції.

В результаті розрахунків виведеться розв'язання системи у векторному вигляді.

Якщо система має кілька рішень, алгоритм слід повторити з іншими початковими наближеннями.

**Примітка.** Якщо вирішується система з двох рівнянь з двома невідомими, перед вирішенням бажано побудувати графіки функцій, щоб перевірити, чи є корені у системи (чи перетинаються графіки заданих функцій), і, якщо є, то скільки. Початкове наближення можна вибрати за графіком найближче до точки перетину.

**Приклад.** Дано систему рівнянь:

$$\begin{cases} y = x^2 + 14 \\ y = 7x + 45 \end{cases}$$

Перед вирішенням системи побудуємо графіки функцій: параболічної (перше рівняння) і прямолінійної (друге рівняння). Побудова графіків в одній системі координат наведено на рисунку 7.4:

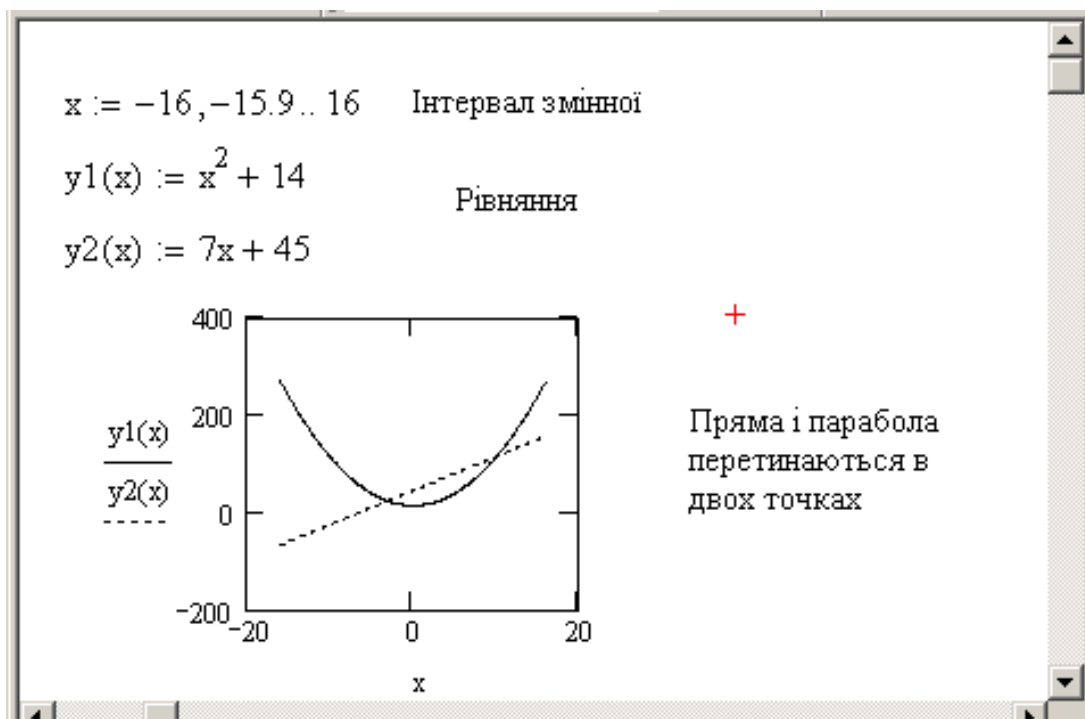


Рис. 7.4 – Побудова графіка двох функцій в одній системі координат

Пряма і парабола перетинаються в двох точках, значить, система має два кореня. За графіком вибираємо початкові наближення невідомих  $x$  і  $y$  для кожного рішення. Знаходження коренів системи рівнянь наведено на рисунку 7.5.

```

x := -4    y := 0
given
y = x2 + 14    y = 7x + 45
  ( x1 )
  ( y1 ) := find(x,y)

  ( x1 ) = ( -3.076 )
  ( y1 ) = ( 23.465 )

x := 10    y := 50
Given
y = x2 + 14    y = 7x + 45
  ( x2 )
  ( y2 ) := Find(x,y)    +

  ( x2 ) = ( 10.076 )
  ( y2 ) = ( 115.535 )
  
```

Рис. 7.5 – Знаходження коренів системи нелінійних рівнянь

Для того, щоб відзначити на графіку координати точок перетину параболи і прямої, знайдені при вирішенні системи, введемо через кому значення  $x$  (по осі  $Ox$ ) та значення  $y$  (по осі  $Oy$ ). У вікні форматування графіка у вкладці **Traces** для **trace3** і **trace4** змінимо: тип графіка – **points**, товщина лінії – 3, колір – чорний (Рис. 7.6).

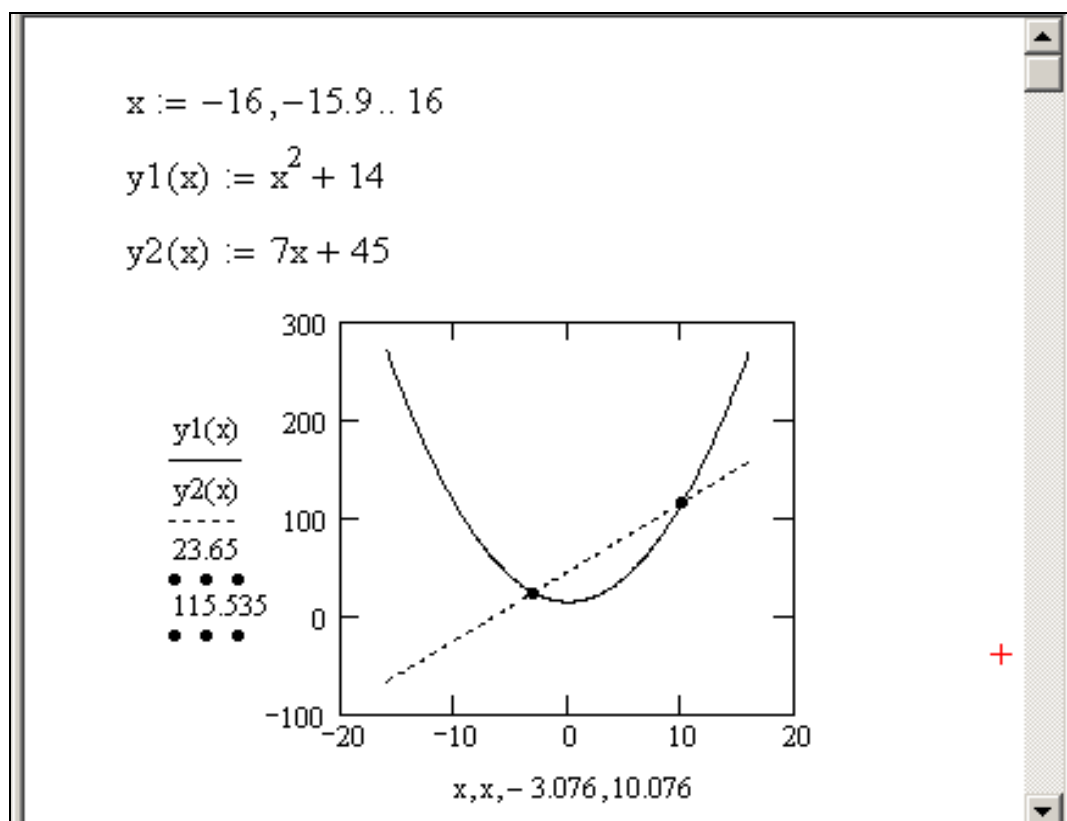


Рис. 7.6 – Графіки функцій з відміченими точками перетину



## 8 Програмування в пакеті Mathcad

Програмування – це створення блоку, в якому поєднано різноманітні операції. За допомогою програмних блоків створюють розгалужені програми з циклами. Функції із ранжованими змінними та операторами **if** дають змогу використовувати умовні вирази та організувати цикли. Проте їх можливості обмежені.

Блоки програмування створюють за допомогою спеціальних команд із списку інструкцій **Інструменти програмування (Programming Toolbar)** панелі інструментів **Математика (Math)**:

- **Add Line** – створити, або, при необхідності, продовжити жирну вертикальну лінію – спеціальний знак, що обмежує програмний блок;
- ← – оператор присвоювання в межах програмного блоку;
- **if** – оператор умовни;
- **while** – оператор циклу за визначених умов;
- **otherwise** – оператор іншого вибору;
- **break** – оператор припинення розрахунків;
- **continue** – оператор продовження розрахунків;
- **return** – оператор повернення на початок циклу;
- **on error** – оператор обробки помилок.

Оператор **Add Line**.

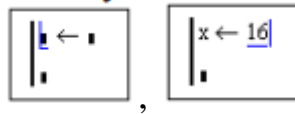
Оператор **Add Line** визначає межі програмного блоку (підпрограми), який є списком команд, що виконуються послідовно, згори вниз. Програмний блок може бути функцією без імені, яка розраховує результат.

Результат одержується у декілька етапів:

1. Натиснути на панелі програмування клавішу “ ] ” або **Add Line** з панелі інструментів **Математика (Math)**. На робочому полі, в місці розташування курсору з’явиться шаблон блоку з двома місцями введення інформації



2. У верхнє місце введення встановити курсор. Потім натиснути клавішу “ ← ” і чекати появи шаблону верхнього рядка. Шаблон необхідно заповнити іменем  $x$  та константою 16:



3. У нижнє місце введення ввести шаблон квадратного кореня, аргумент  $x$  і натиснути клавішу “Пробіл”. Створюється режим, коли курсор підкреслює увесь вираз.

4. Натиснути клавішу “=” і одержати результат.

**Приклад.** Знайти значення функції  $x$ , якщо  $\sqrt{x} = 16$ :

$$\left| \begin{array}{l} x \leftarrow 16 \\ \sqrt{x} \end{array} \right. = 4$$

Слід відзначити, що змінні у блоці та змінні поза блоком можуть мати однакові імена, але це різні змінні, що не залежать одна від одної. Іноді їх доцільно зв’язати процедурою передачі параметрів.

**Приклад.** Виконати обчислення функції  $B = \frac{x + y + z}{x + y \cdot z}$  при двох значеннях

змінних  $x=1, y=2, z=3$  та  $x=5, y=7, z=2$ .

$$B(x, y, z) := \frac{x + y + z}{x + y \cdot z}$$

Для цього достатньо задати конкретні значення формальним параметрам  $x, y, z$  і одержати результат:

$$B(1, 2, 3) = 0.857$$

$$B(5, 7, 2) = 0.737$$

Розрахунки з формальними параметрами зручно виконувати за допомогою програмного блоку.

**Приклад.** Виконати обчислення функції, заданої у попередньому

прикладі  $B = \frac{x+y+z}{x+y \cdot z}$  при двох значеннях змінних  $x=1, y=2, z=3$  та  $x=5, y=7, z=2$ , за допомогою програмного блоку.

$$B(x,y,z) := \left| \begin{array}{l} a \leftarrow x + y \cdot z \\ \frac{x + y + z}{a} \end{array} \right.$$

$$B(1,2,3) = 0.857$$

$$B(5,7,2) = 0.737$$

Програмному блоку з ім'ям **B** присвоєно результат, а **x, y, z** – формальні параметри, що передають у блок фактичні значення.

Оператор **if** та **otherwise**.

Усі команди програмного блоку мають шаблони з місцями введення даних у вигляді констант, ідентифікаторів, арифметичних або логічних виразів. Наприклад, команди **if** та **otherwise** мають такі шаблони:

■ if ■                    ■ otherwise.

Їх використання у програмному блоці демонструє програма визначення модуля за алгоритмом: якщо задане значення менше за 0, вивести це значення зі знаком мінус. В іншому випадку – зі знаком плюс.

$$\text{abs}(x) := \left| \begin{array}{l} -x \text{ if } x < 0 \\ x \text{ otherwise} \end{array} \right. \qquad \text{abs}(-15) = 15 \qquad \text{abs}(15) = 15.$$

**Приклад.** Знайти значення критерію Нусельдта. задано значення критерію Рейнольдса  $Re = 2800$ . При  $Re \geq 10000$  значення критерію Нусельдта знаходиться за залежністю  $Nu = 0,021 \cdot Re^{0,6}$ , а при  $Re < 10000$  – залежністю  $Nu = 0,08 \cdot Re^{0,8}$ .

**Розв'язання:** Приклад наведено на рисунку 8.1:

- записуємо задачу і задаємо функцію  $Nu :=$  ;
- за допомогою оператор **Add Line** задаємо програмний блок вказуємо у верхньому рядку  $0.021 \cdot Re^{0.6}$  if  $Re \geq 1000$ ,

вказуємо у нижньому рядку  $0.08 \cdot Re^{0.9}$  та вибираємо умову (команду програмного блоку) otherwise – інакше;

– записуємо функцію  $Nu =$  та отримуємо результат.

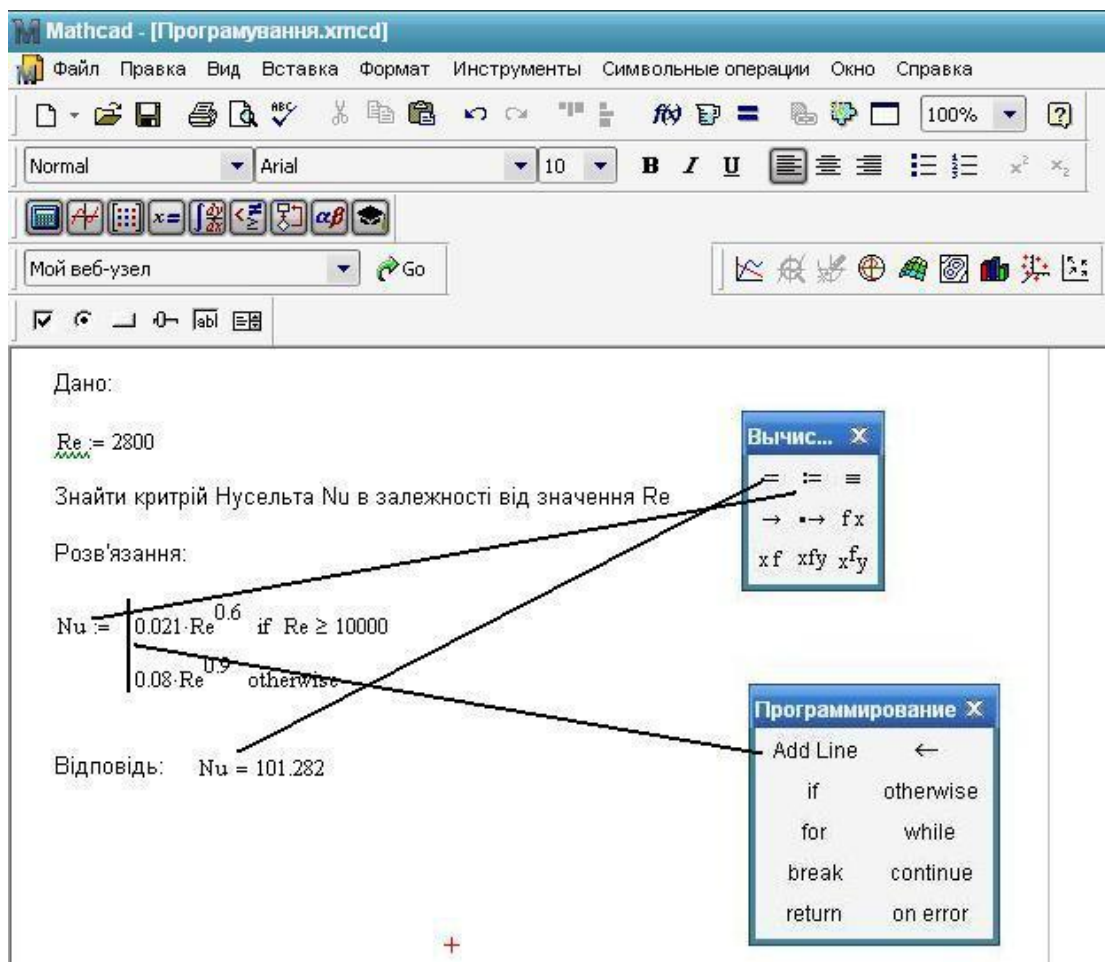
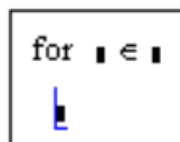


Рис. 8.1 – Приклад виконання програми з командою **if**

Оператор **for**, **while** та **break**.

Програмні блоки з командою **for** доцільно застосувати у циклах з підсумовуванням. Команда має такий шаблон:



Варіант програми:

$$s(n) := \begin{cases} s \leftarrow 0 \\ \text{for } i \in 1..n \\ s \leftarrow s + i \end{cases} \quad \begin{matrix} s(5) = 15 \\ s(10) = 55 \end{matrix}$$

Програма складається з трьох операторів. Перший присвоює змінній  $s$  початкове значення нуля. Другий програмує цикл розрахунків, в якому параметр лічильника  $i$  набуває значень від  $1$  до  $n$  з кроком  $1$ , а третій підсумовує попереднє значення  $s$  з черговим  $i$ . Формальний параметр  $n$  передає до програми конкретне значення.

**Приклад.** Знайти значення функції  $y = \sin(x)$  при значеннях  $x = 2,37; 2,38, \dots, 5,52$ .

**Розв'язання:** Приклади наведено на рисунках 8.2 та 8.3:

- записуємо задачу і задаємо функцію  $y(a,b):=$  (Рис. 8.2);
- за допомогою оператор **Add Line** задаємо зовнішній та внутрішній програмні блоки (Рис. 8.2);
- записуємо межі зміни функції  $y(2.37,2.52)$ , натискаємо на клавіатурі знак дорівнює або вибираємо з панелі **Evaluation (Обчислення)** та отримуємо результат (Рис. 8.3).

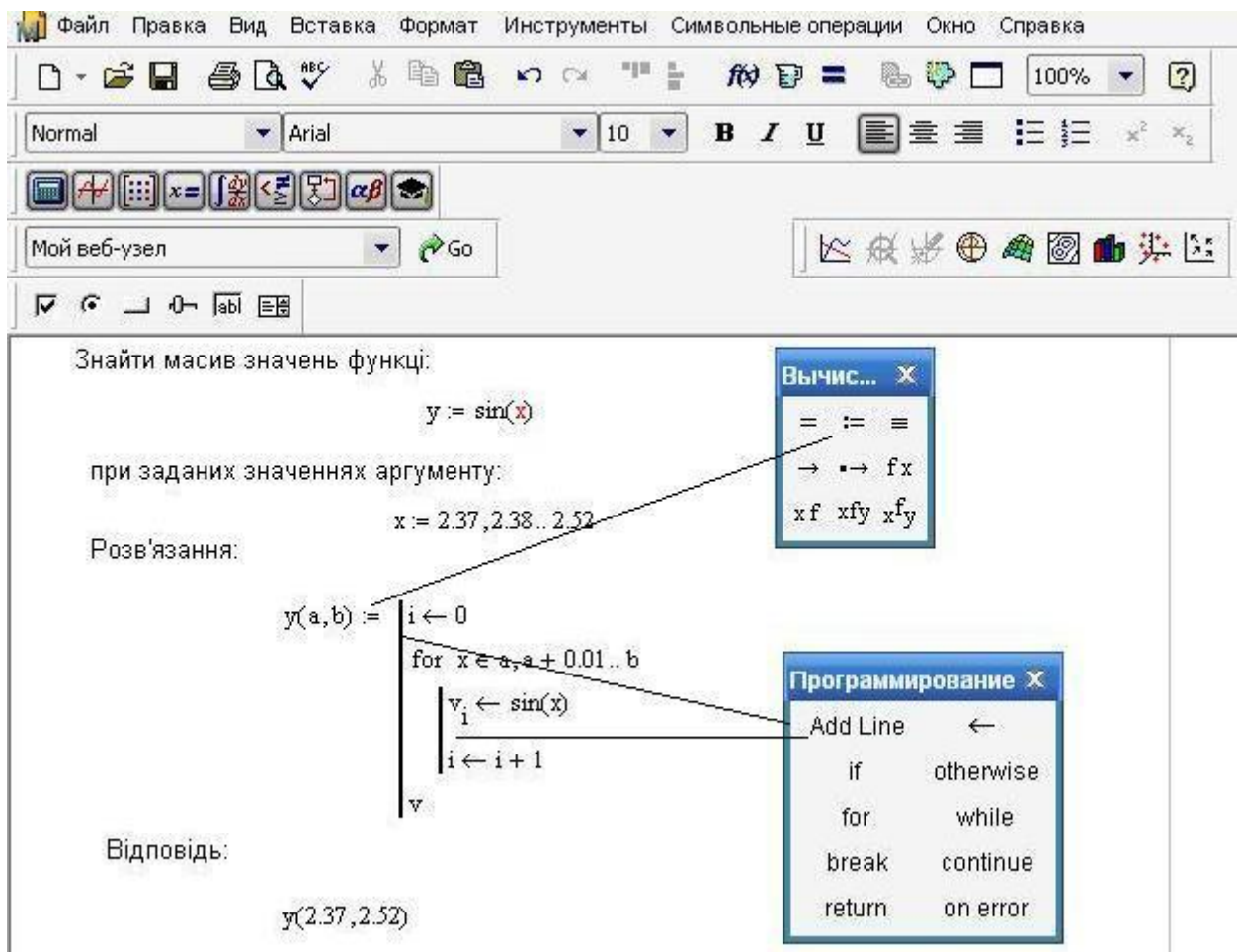


Рис. 8.2 – Приклад задавання циклу командою **for**

Mathcad - [Програмування.xmcd]

Файл Правка Вид Вставка Формат Інструменти Символьні операції Окно Справка

Normal Arial 10 **B** *I* U [List Icons] x<sup>2</sup> x<sub>2</sub>

Мой веб-вузел [Go] [List Icons]

Знайти масив значень функції:

$$y := \sin(x)$$

при заданих значеннях аргументу:

$$x := 2.37, 2.38 \dots 2.52$$

Розв'язання:

$$y(a, b) := \begin{cases} i \leftarrow 0 \\ \text{for } x \in a, a + 0.01 \dots b \\ \quad \begin{cases} v_i \leftarrow \sin(x) \\ i \leftarrow i + 1 \end{cases} \\ v \end{cases}$$

Відповідь:

	0
0	0.697
1	0.69
2	0.683
3	0.675
4	0.668
5	0.661
6	0.653
7	0.645
8	0.638
9	0.63
10	0.622
11	0.614
12	0.606
13	0.598
14	0.59
15	0.582

$y(2.37, 2.52) =$

**Вычис...**

- = := ≡
- ↦ f x
- x f x f y x<sup>f</sup> y

**Програмування**

- Add Line ←
- if otherwise
- for while
- break continue
- return on error

Рис. 8.3 – Приклад отримання результатів роботи циклу команди **for**

Наступні три приклади є варіантами розрахунків факторіала цілого числа за допомогою програмного блока з використанням:

а) оператора **for**:

$$\text{pr}(n) := \left| \begin{array}{l} p \leftarrow 1 \\ \text{for } i \in 1..n \\ p \leftarrow p \cdot i \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \text{pr}(3) = 6 \\ \text{pr}(5) = 120 ; \end{array}$$

б) оператора **while**:

$$\text{fc}(n) := \left| \begin{array}{l} f \leftarrow 1 \\ \text{while } n \leftarrow n - 1 \\ f \leftarrow f \cdot (n + 1) \\ f \end{array} \right. \quad \text{fc}(5) = 120 ;$$

в) операторів **while** та **break**:

$$\text{fct}(n) := \left| \begin{array}{l} f \leftarrow n \\ \text{while } 1 \\ \left| \begin{array}{l} f \leftarrow f \cdot (n - 1) \\ n \leftarrow n - 1 \\ \text{break if } n = 1 \end{array} \right. \\ f \end{array} \right. \quad \text{fct}(5) = 120$$

Оператор **error**.

Рядок з оператором **error** вступає в дію, коли результати в інших рядках не визначені. Поруч з таким оператором у дужках позначається зміст спеціального повідомлення, яке необхідно вивести.

**Приклад.** Програмна функція  $R(i)$  виводить на екран текстові повідомлення, якщо формальному параметру  $i$  задаються значення  $1$  або  $2$ . В іншому випадку функція не визначається, курсор лишається у межах оператора виведення і на екран робочого поля виводиться заплановане повідомлення (тут виводиться текст **no!no!**) (Рис. 8.4).

$$R(i) := \begin{cases} \text{"One"} & \text{if } i = 1 \\ \text{"Two"} & \text{if } i = 2 \\ \text{error("no!no!")} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$R(1) = \text{"One"}$$

$$R(2) = \text{"Two"}$$

$$R(3) = \text{"no!no!"}$$

Рис. 8.4 – Приклад програми оператором **error**

Оператор **on error**.

Оператор **on error** має шаблон з двома місцями введення:

■ **on error** ■

Ліворуч вводиться функція або текстовий рядок повідомлення, що активізується при неможливості розрахунків за функцією праворуч.

**Приклад.** Програма виводить на екран повідомлення про результати обчислення функції, якщо це значення неможливо обрахувати, як у прикладі на рисунку 8.5, оператор **on error** виводить результати обчислення вказаної ліворуч оператора функції (або текстового повідомлення) –  $t(0)=0$ .

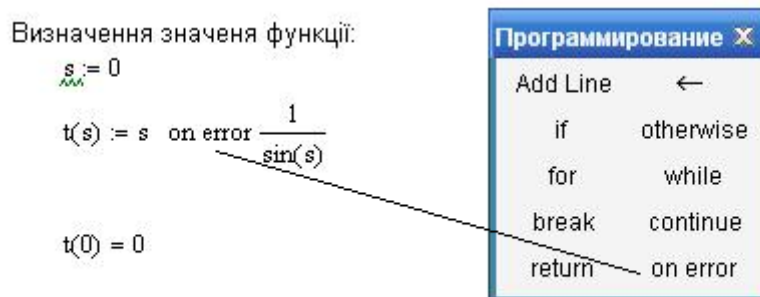


Рис. 8.5 – Приклад програми оператором **error**



## Перелік посилань

1. <http://ablbook.com/index.php?newsid=5507> Макаров Е.Г., Самоучитель MathCad 14 від 18.12.2015 р.
2. Е. Любимов. / Mathcad. Теория и практика проведения электротехнических расчетов в среде Mathcad и Multisim. / Москва, 2014. - 400 с.: ил.
3. Кирьянов Д.В. / Mathcad 15/Mathcad Prime 1.0. - СПб.: БХВ-Петербург, 2012. - 432 с.: ил.
4. З. Крушель Е.Г., Алейникова Е.А. Методические указания к лабораторной работе по дисциплине «Методы оптимизации». Использование градиентных методов оптимизации для решения задач оценки параметров математических моделей. Часть 1. / ВолгГТУ, Волгоград, 2010. – 42 с.: ил.
5. Очков В. Ф. О-94 Mathcad 14 для студентов, инженеров и конструкторов. — СПб.: БХВ-Петербург, 2007. — 368 с.: ил.
6. Дьяконов В. Mathcad 2001: учеб. курс. - СПб.: Питер, 2001 - 624с.
7. Кудрявцев Е.М. MathCAD 2000 Pro. – М.: ДМК „Пресс”, 2001. – 576с.
8. Кирьянов Д.В. Самоучитель MathCAD 2001 – СПб: БХВ-Петербург, 2001.