

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»



## **КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ В БУРІННІ**

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

студентами спеціальності 185 Нафтогазова інженерія та технології  
(184 Гірництво)

Дніпро  
НТУ «ДП»  
2021

Комп'ютерні технології в бурінні. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт студентами спеціальності 185 Нафтогазова інженерія та технології (184 Гірництво) / Є.А. Коровяка, В.В. Яворська. – Д.: НТУ «ДП», 2021. – 54 с.

Упорядники: Є.А. Коровяка, канд. техн. наук, доц.;  
В.В. Яворська, асистент, завідувач лабораторії.

Затверджено методичною комісією зі спеціальності 185 Нафтогазова інженерія та технології (протокол № 4 від 12.01.21 р.) за поданням кафедри нафтогазової інженерії та буріння (протокол № 8 від 05.01.21 р.).

Подано методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Комп'ютерні технології в бурінні». Викладено матеріал, який допоможе активізувати виконавчий етап пізнавальної діяльності студентів під час виконання лабораторних робіт.

Призначено для студентів спеціальності 185 Нафтогазова інженерія та технології та 184 Гірництво.

## ЗМІСТ

1. Лабораторна робота №1 «Основи роботи з MATHCAD»	4
2. Лабораторна робота №2 «Побудова графіків функцій»	10
3. Лабораторна робота №3 «Елементи програмування в MATHCAD»	14
4. Лабораторна робота № 4 «Побудова математичних моделей і розв'язок задач з буріння на основі систем лінійних рівнянь»	19
5. Лабораторна робота № 5 «Анімація графічної інформації»	24
6. Лабораторна робота № 6 «Моделювання роботи одноциліндрового поршневого насоса»	28
7. Лабораторна робота №7 «Визначення механічної, рейсової, технічної, комерційної та циклової швидкості буріння»	33
8. Лабораторна робота №8 «Визначення щільності бурового розчину для розкриття ускладнених горизонтів»	36
9. Лабораторна робота №9 «Розрахунки і побудова проекцій викривлених свердловин»	39
10. Лабораторна робота №10 «Розрахунок необхідної кількості матеріалів, тиску для продавлювання цементного розчину та час цементування свердловин»	42
11. Лабораторна робота №11 «Розрахунки і побудова проекцій викривлених свердловин засобами програми EXCEL»	45
12. Лабораторна робота №12 «Аналіз собівартості будівництва свердловини засобами програми Excel»	50
Рекомендовані джерела інформації	53

## Лабораторна робота №1

### ОСНОВИ РОБОТИ З MATHCAD

#### Теоретичні відомості.

Після завантаження MathCad спілкування користувача з системою відбувається на рівні так званої вхідної мови, максимально наближеної до звичайної мови опису математичних задач. Тому їх розв'язання не вимагає програмування в загальноприйнятому вигляді. Документ, створений у MathCad, зберігається у файлі типу .mcd та містить текстові коментарі описання математичного алгоритму розв'язання задачі, результати обчислень, сформовані у вигляді символів, чисел, таблиць, графіків, годографів, тривимірних зображень різного виду. Створення такого документу підтримують три редактори Mathcad: текстовий, формульний та графічний. Основне вікно MathCad (рис.1), в межах якого працює користувач, містить вікно редагування; інформацію про варіант MathCad, ім'я поточного документу та кнопки керування вікнами в першому рядку (рядок заголовка); головне меню MathCad у другому рядку (рядок меню); панель інструментів з кнопками; панель форматування; панель палітр математичних знаків; координатну лінійку і рядок стану в нижній частині вікна. Вікон редагування в межах основного вікна може бути декілька. Можна відкрити порожнє вікно редагування кнопкою із зображенням чистого аркуша <New> (<Новий>) з панелі інструментів або завантажити існуючий документ кнопкою із зображенням відкритої папки <Open> (<Відкрити>) з тієї ж панелі з наступним вибором у вікні, що відкриється, потрібного каталогу та файлу з документом. Більшість команд MathCad можна виконувати трьома способами: через головне меню Mathcad та його підменю; натиснувши потрібну кнопку відповідної панелі; застосувавши комбінацію клавіш.

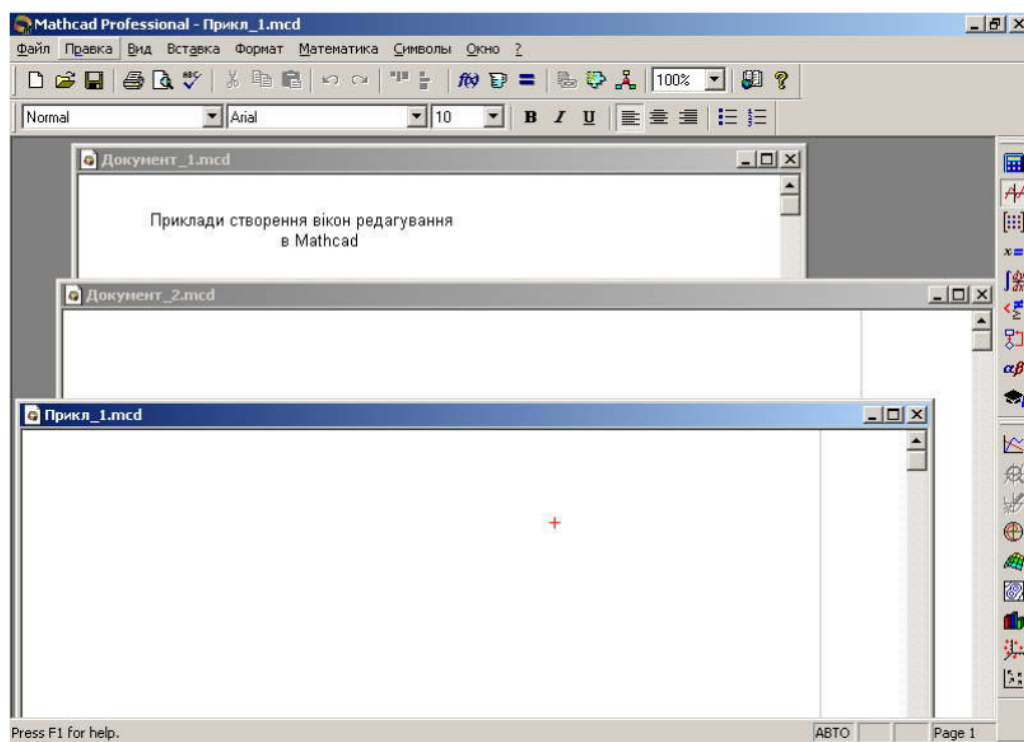


Рис.1. Основне вікно MathCad з трьома відкритими вікнами редагування

Розташовані в правому верхньому куті вікна редагування (або в рядку головного меню, якщо в основному вікні MathCad одне вікно редагування) три кнопки дозволяють згорнути активне вікно, змінити його розміри або закрити. Місце розташування зменшеного в розмірах вікна редагування можна змінювати мишею. Коментарі в документі MathCad створюються за підтримки текстового редактора. Для того, щоб почати вводити текст, треба розмістити курсор введення в точці вікна редагування, яка стане лівим верхнім кутом створюваної текстової області – коментаря, та звернутися до команди Insert => Text (Вставка =>Текстова область). Після цього курсор, що мав вигляд хрестика, перетвориться на вертикальну лінію (текстовий курсор), охоплену текстовою рамкою. Під час введення тексту розмір рамки змінюється. Для того, щоб ввести наступний рядок тексту, треба в кінці поточного натиснути клавішу “Enter”. Щоб вийти з режиму введення тексту, треба перенести курсор «миші» за межі текстової області та клацнути її лівою клавішею. Форматування тексту полягає у зміні застосовуваних шрифтів та їх параметрів, що здійснюється через панель форматування або командою Format=> Text (Формат =>Текст).

На рис.2 наведена панель палітр математичних знаків розташовано поряд з лінійкою вертикальної прокрутки. Кнопки цієї палітри відкривають вікна з відповідними номерами, наведеними на рисунку.

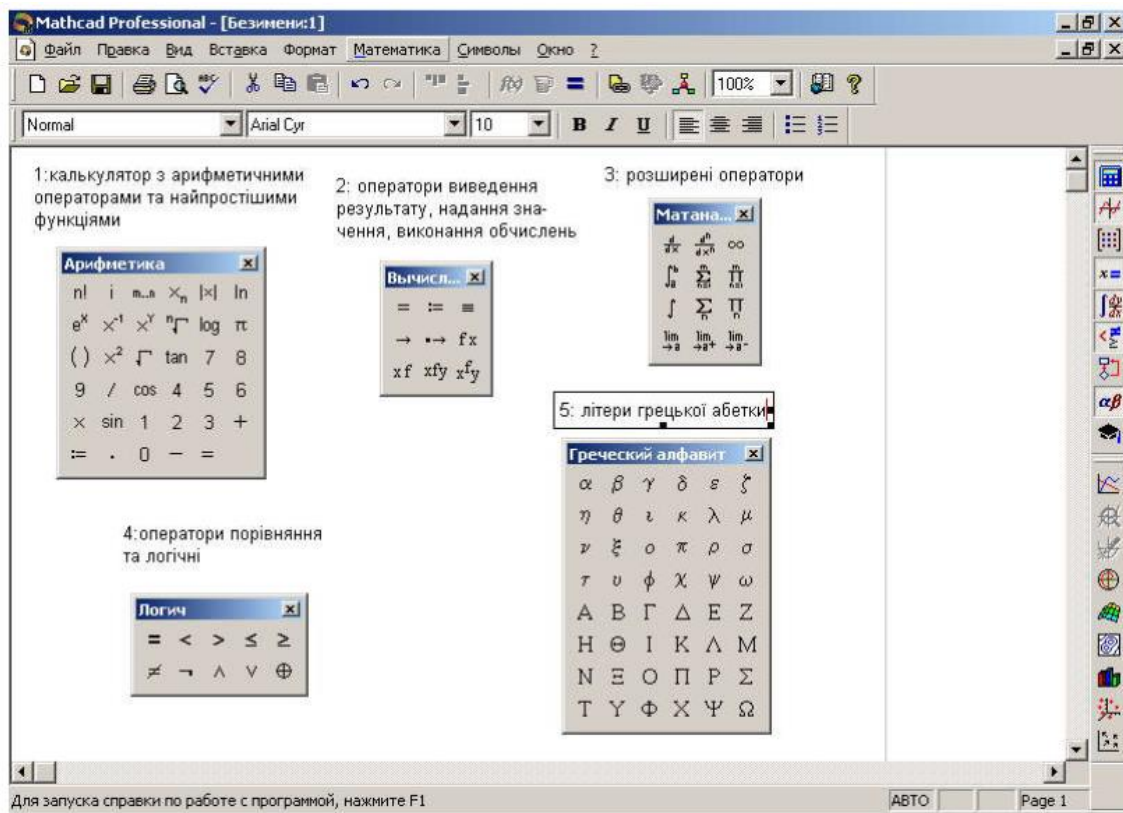


Рис.2. Палітри з панелі математичних символів: 1 – обчислення; 2 – операції надання значення та виведення; 3 – математичні операції; 4 – логічні операції; 5 – грецькі літери

Найчастіше використовуваний оператор надання значення в документі MathCad має вигляд  $:=$  та вводиться кнопкою з таким зображенням 1 або 2 (рис. 2). При першому наданні значення змінній можна використати кнопку з вікон 1 або 2 (рис. 2) або клавішу зі знаком рівності “=”. Якщо змінна в документі вже набула значення, після введення знаку рівності праворуч від нього буде виведено це значення. Якщо змінній в певному місці документу MathCad надано значення оператором  $:=$ , то воно буде відомо MathCad правіше та нижче цього місця. Якщо ж змінна набула значення за допомогою оператора глобального надання значення  $\equiv$  (кнопка з вікна 2 на рис. 2) в будь-якому місці документу, то вона має це значення також у будь-якому місці документу.

## Порядок виконання роботи:

**Завдання 1.** Виконати розрахунок тиску в свердловині на деякій глибині із застосуванням звичайних змінних. Побудувати залежність тиску від глибини свердловини.

Початкові дані:  $\rho := 800 \text{ кг/м}^3$ ,  $h := 100, 150 \dots 1200 \text{ м}$

$$P := \rho \cdot g \cdot h$$

Рішення:

Початкові данні:

$$\rho := 800 \qquad g := 9.8$$

Задаємо глибину свердловини

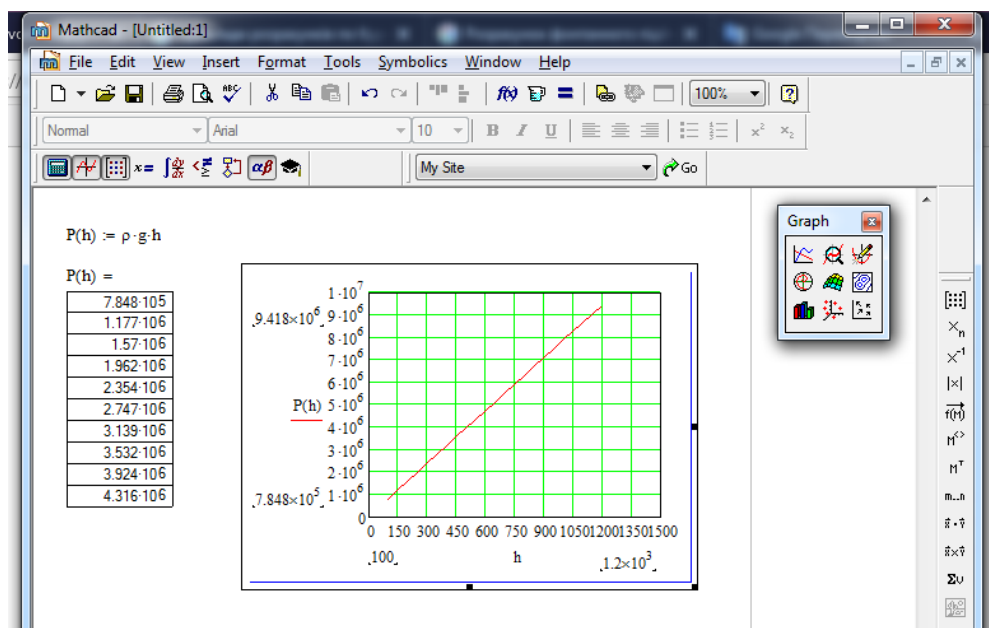
$$h := 100, 150, 1200$$

Вивід результату для перевірки

h =

100
150
200
250
300
350
400
450
500
550

Тиск як функція з аргументом у вигляді інтервальної змінної



**Завдання 2.** Побудувати залежність тиску від глибини свердловини при п'яти значеннях щільності рідини

Дано:

$$\rho_{\min} := 800 \quad \rho_{\max} := 1200 \quad h_{\min} := 0 \quad h_{\max} := 1200$$

$$N := 24 \quad g := 9.81$$

$\Delta\rho := 100$  – крок для значень щільності

$$N_{\text{щд}} := (\rho_{\max} - \rho_{\min}) / \Delta\rho$$

$j := 0..N_{\text{щд}}$  індекс для щільності

$\rho_0 := \rho_{\min}$  початкове значення для щільності

$$\rho_{j+1} := \rho_j + \Delta\rho$$

$$\Delta h := (h_{\max} - h_{\min}) / N$$

$$h_0 := h_{\min}$$

$$h_{i+1} := h_i + \Delta h$$

The screenshot shows a software interface with the following content:

Parameters:  $\rho_{\min} = 800$ ,  $\rho_{\max} = 1200$ ,  $g = 9.81$ ,  $N = 24$ ,  $h_{\min} = 0$ ,  $h_{\max} = 1200$ ,  $\Delta\rho = 100$

Calculation:  $N_{\text{щд}} := \frac{\rho_{\max} - \rho_{\min}}{\Delta\rho} = 4$

Index:  $j := 0..N_{\text{щд}}$ ,  $i := 0..N$

Initial density:  $\rho_0 := \rho_{\min}$

Density sequence:  $\rho_{j+1} := \rho_j + \Delta\rho$

$\rho_j$
800
900
1-103
1.1-103
1.2-103

Height step:  $\Delta h := \frac{h_{\max} - h_{\min}}{N}$ ,  $h_0 := h_{\min}$

Height sequence:  $h_{i+1} := h_i + \Delta h$

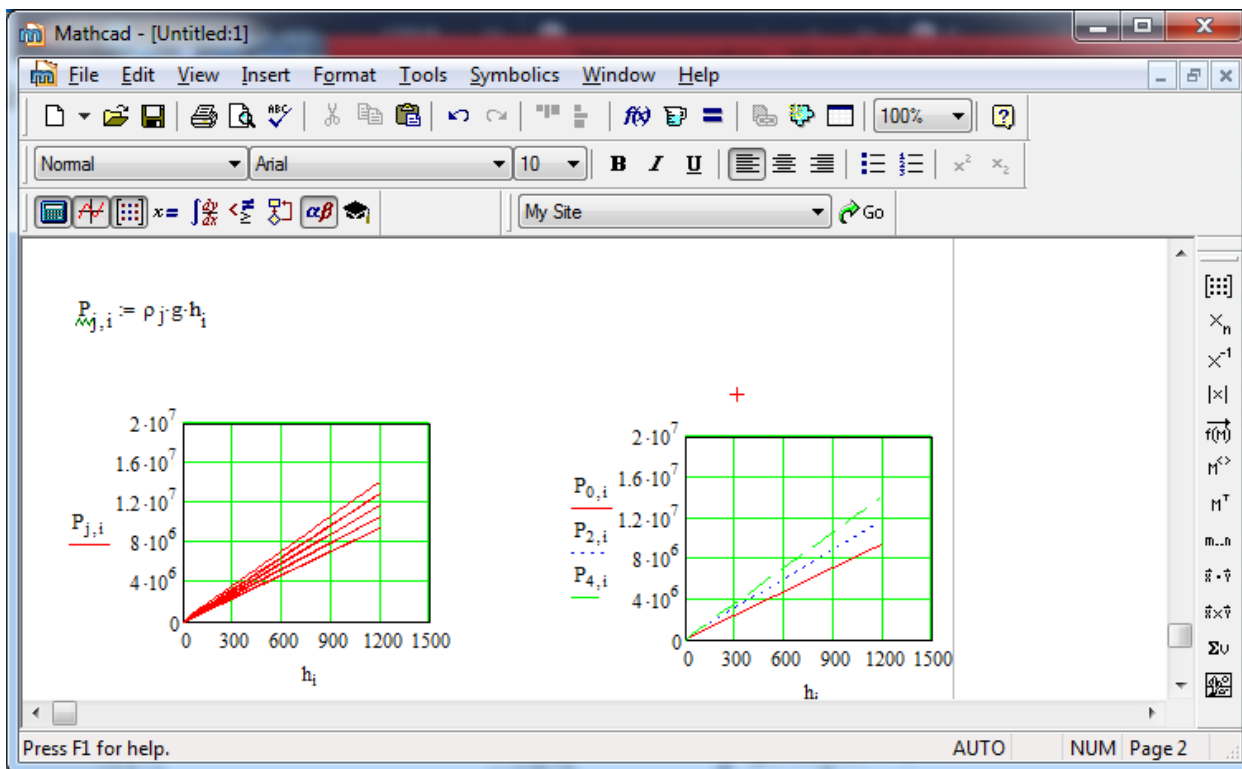
$h_i$
0
50
100
150
200
250
300
350

The interface also includes a toolbar with mathematical symbols, a search bar, and a status bar at the bottom with "Press F1 for help.", "AUTO", "NUM", and "Page 2".



Обчислення тиску на  $i$ -ій голубині для  $j$ -тій щільності

$$P_{j,i} := \rho_j \cdot g \cdot h_i$$



## Лабораторна робота №2

### ПОБУДОВА ГРАФІКІВ ФУНКЦІЙ

#### Теоретичні відомості

Для створення графіків у системі MathCAD існує програмний графічний процесор, що дозволяє будувати найрізноманітніші графіки, наприклад, у декартовій і полярній системах координат, тривимірні поверхні, графіки рівнів і т. ін. Для побудови графіків використовують шаблони. Більшість параметрів графічного процесора, потрібних для побудови графіків, за замовчуванням задається автоматично. Тому для початкової побудови графіка того чи того виду досить задати тип графіка. У підменю Graph позиції Insert головного меню міститься перелік типів графіків:

X-YPlot—двовимірний графік у декартовій системі координат;

PolarPlot—графік у полярній системі координат;

SurfacePlot —тривимірний графік;

ContourPlot —контурний графік тривимірної поверхні;

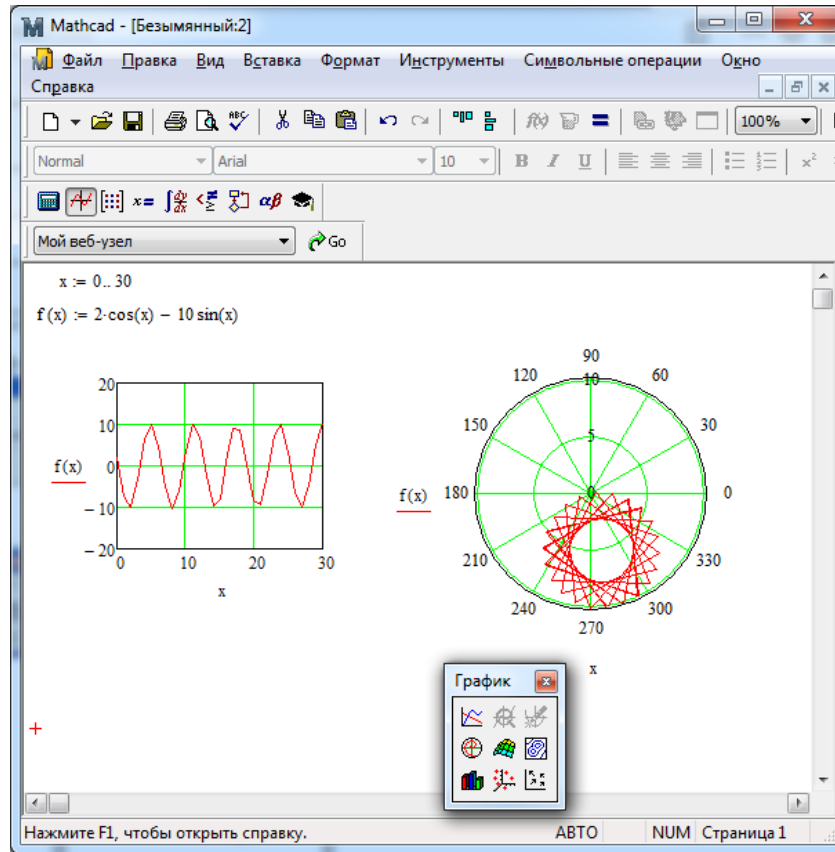
3DScatterPlot—графік у вигляді крапок у тривимірному просторі;

3DBarChart—графік у вигляді сукупності стовпчиків у тривимірному просторі (об'ємна гістограма);

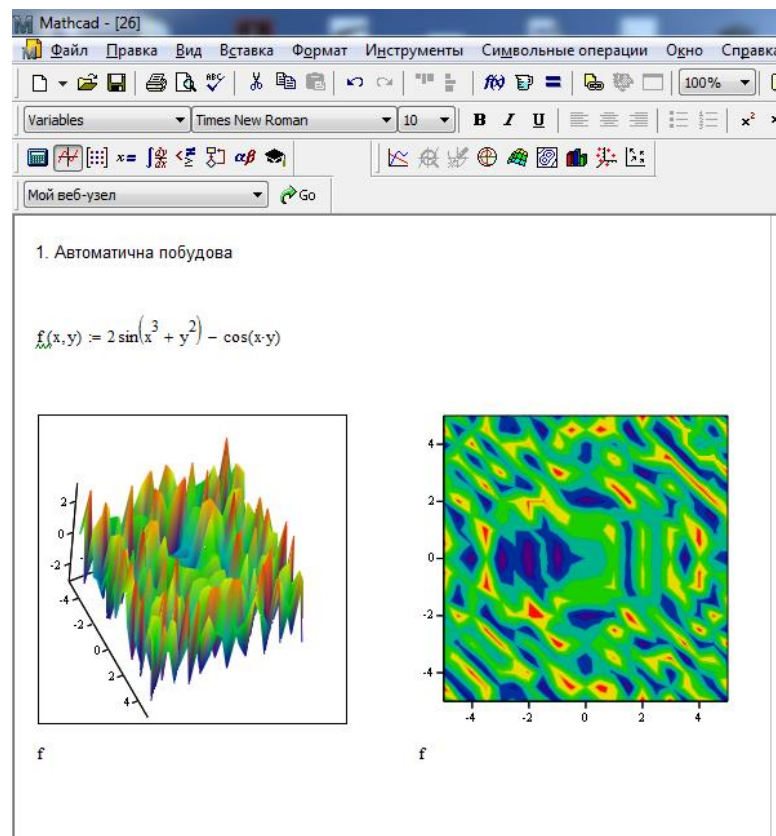
VectorFieldPlot —графік векторного поля на площині.

Ці ж шаблони можна викликати за допомогою кнопок набірної математичної панелі. Затримавши курсор «мишки» на одній з них, у спливаючій підказці можна побачити тип графіка, що буде створено. Графіки, як і будь-які об'єкти документа, можна виділяти, заносити в буфер обміну, викликати їх з буфера, переносити в нове місце документа, їх можна просто переносити з місця на місце курсором «мишки».

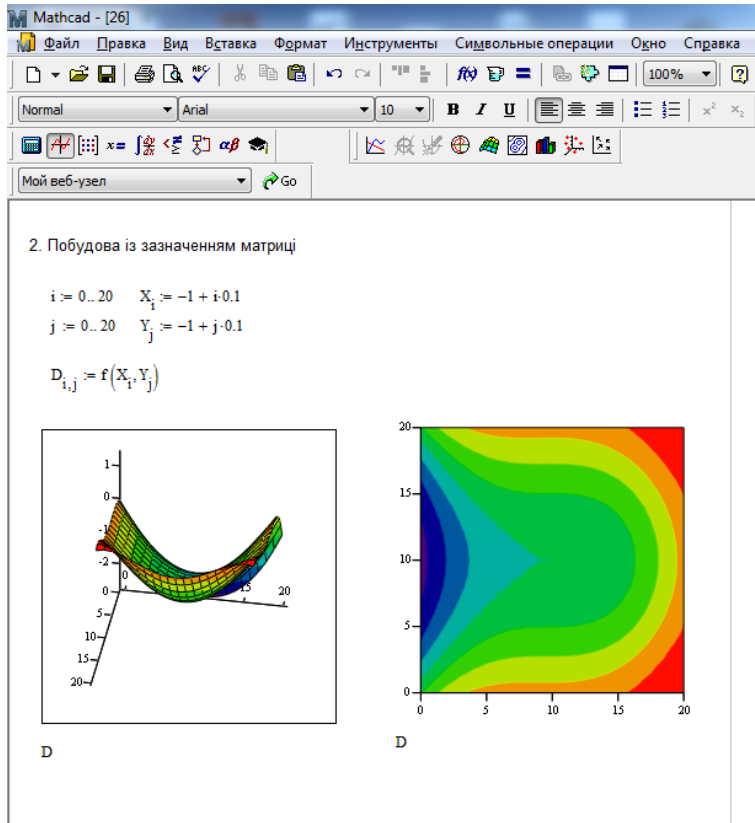
## Порядок виконання роботи:



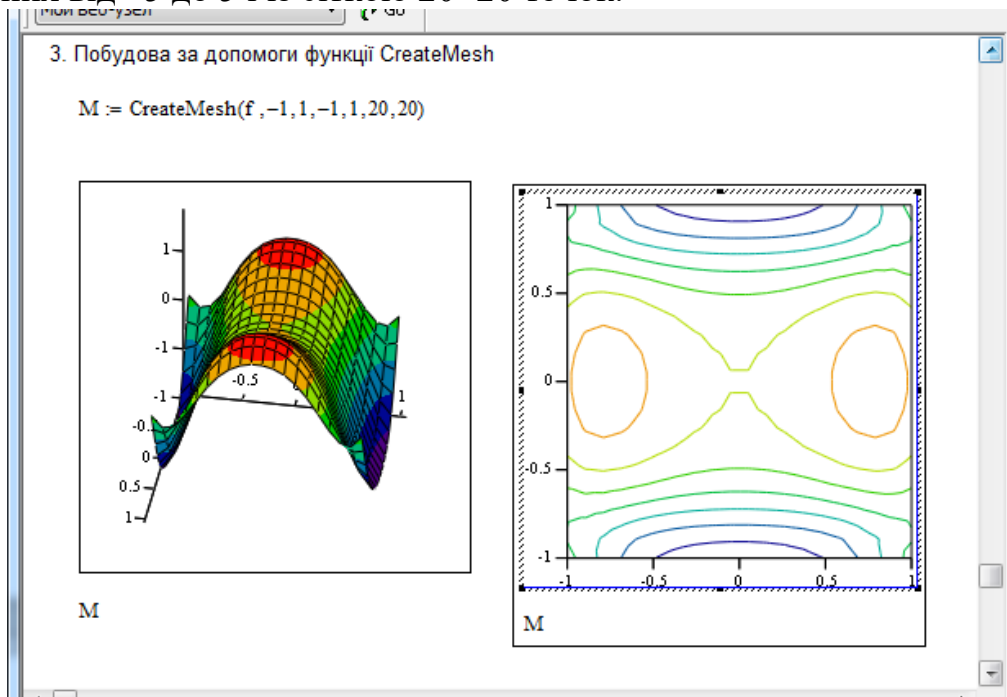
### 1 способ. Автоматична швидка побудова



## 2 спосіб побудова із зазначенням матриці



3 спосіб за допомогою вбудованої функції **CreateMesh(F, x0, x1, y0, y1, xgrid, ygrid, fmap)** Створює матрицю аплікату поверхні визначеною функцією  $F$ ;  $x_0, x_1, y_0, y_1$  – діапазон зміни змінних,  $xgrid, ygrid$  – розміри сітки змінних,  $fmap$  – функція відображення. Усі параметри, за винятком  $F$ , - факультативні. Функція  $CreateMesh$  за замовчуванням створює сітку на поверхні з діапазоном зміни змінних від  $-5$  до  $5$  і із сіткою  $20 \times 20$  точок.



### Варіанти завдань:

Побудувати графіки функцій:

№ вар.	X-YPlot/ PolarPlot F(x)	SurfacePlot/ ContourPlot F(x,y)
1	$e^{x-1} - x^3 - x$ $x \in [0, 10]$	$\sin(0.1*(x^2+y^2))$
2	$x - \frac{1}{3 + \sin(3.6x)}$ $x \in [0, 15]$	$\cos(x*y)$
3	$\arccos x - \sqrt{1 - 0.3x^3}$ $x \in [0, 20]$	$x^2+y^2+\sin(x)$
4	$\sqrt{1 - 0.4x^2} - \arcsin x$ $x \in [0, 10]$	$\text{tg}(x^2)+y+x*y$
5	$3x - 14 + e^x - e^{-x}$ $x \in [1,15]$	$x^2+\cos(x+y)$
6	$\sqrt{2x^2 + 1.2} - \cos x - 1$ $x \in [0, 10]$	$\sin(2*x^2+y^2)$
7	$\cos(2/x) - 2\sin(1/x) + 1/x$ $x \in [1, 15]$	$\cos(0.5*(x^3+2*y^2))$
8	$0.1x^2 - x \ln x$ $x \in [1, 2]$	$x^2+y^2+\cos(x+y)$
9	$x^5 - x - 0,2$ $x \in [1, 20]$	$2\sin(x*y)$
10	$1 - x + \sin x - \ln(1 + x)$ $x \in [0, 10]$	$y^2+\sin(x)-0.5$
11	$\sqrt{1-x} - \text{tg } x$ $x \in [0, 10]$	$\cos(y)+\sin(x^2*y)$
12	$e^x - e^{-x} - 2$ $x \in [0, 10]$	$2*x^2+\cos(x+y^2)$
13	$3x - 4\ln x - 5$ $x \in [2, 15]$	$\cos(x*y)+y^2$
14	$\text{Arccos}((1-x^2)/(1+x^2)) - x$ $x \in [1, 10]$	$\sin(x)+\cos(y/2)+x^2$
15	$0.25x^3 + x - 2$ $x \in [0, 20]$	$\sin(x^2+y^2)-\cos(x*y)$
16	$x^2 - 2*x - 5$ $x \in [1, 30]$	$\text{tg}(y^2)+x*y$
17	$2*x - \sin(x) - 2$ $x \in [0, 15]$	$x^2+\sin(x+2*y)$
18	$\sin((1-2*x^2)/(3+x^3))$ $x \in [0, 10]$	$\cos(x^2)+\cos(x+y)$

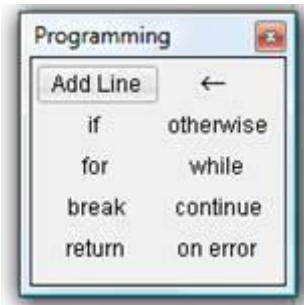
## Лабораторна робота №3 ЕЛЕМЕНТИ ПРОГРАМУВАННЯ В MATHCAD

### Теоретичні відомості

Традиційне програмування, спрощений варіант якого застосований в Mathcad і здійснюється за допомогою панелі інструментів Programming має ряд істотних переваг:

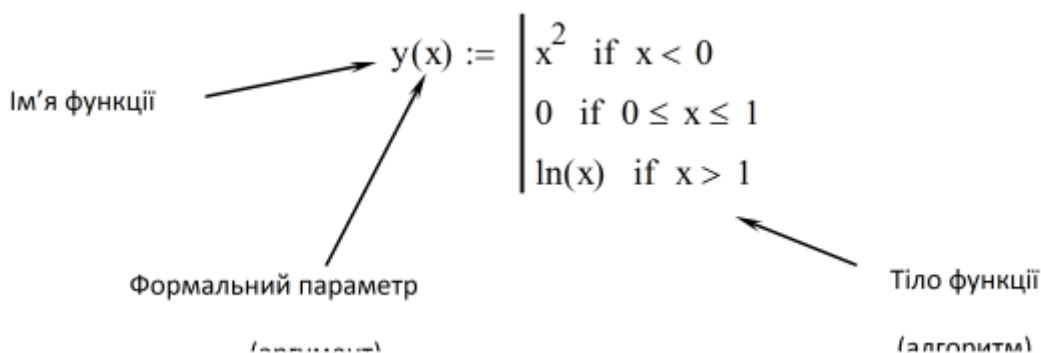
- можливість застосування циклів і умовних операторів;
- простота створення функцій і змінних, що вимагають декількох простих кроків;
- можливість створення функцій, що містять закритий для решти документа код, включаючи переваги використання локальних змінних і обробку виняткових ситуацій.

Щоб почати створення програмного модуля, слід натиснути на панелі **Programming** кнопку **Add Line**. Потім, якщо приблизно відомо, скільки рядків коду міститиме програма, можна створити потрібну кількість ліній повторними натисненнями кнопки **Add Line**.




Програмний модуль є функцією, описаною із застосуванням як суцільно алгоритмічних засобів (операторів), так і засобів вхідної мови Mathcad. Як і в традиційному програмуванні, при визначенні функції вказується її ім'я, список формальних параметрів (аргументів) і алгоритм обчислення значення - тіло функції. Всі змінні, які вводяться усередині модуля, включаючи формальні параметри, є локальними по відношенню до всього документа.

Нижче наведено приклад програми функції:

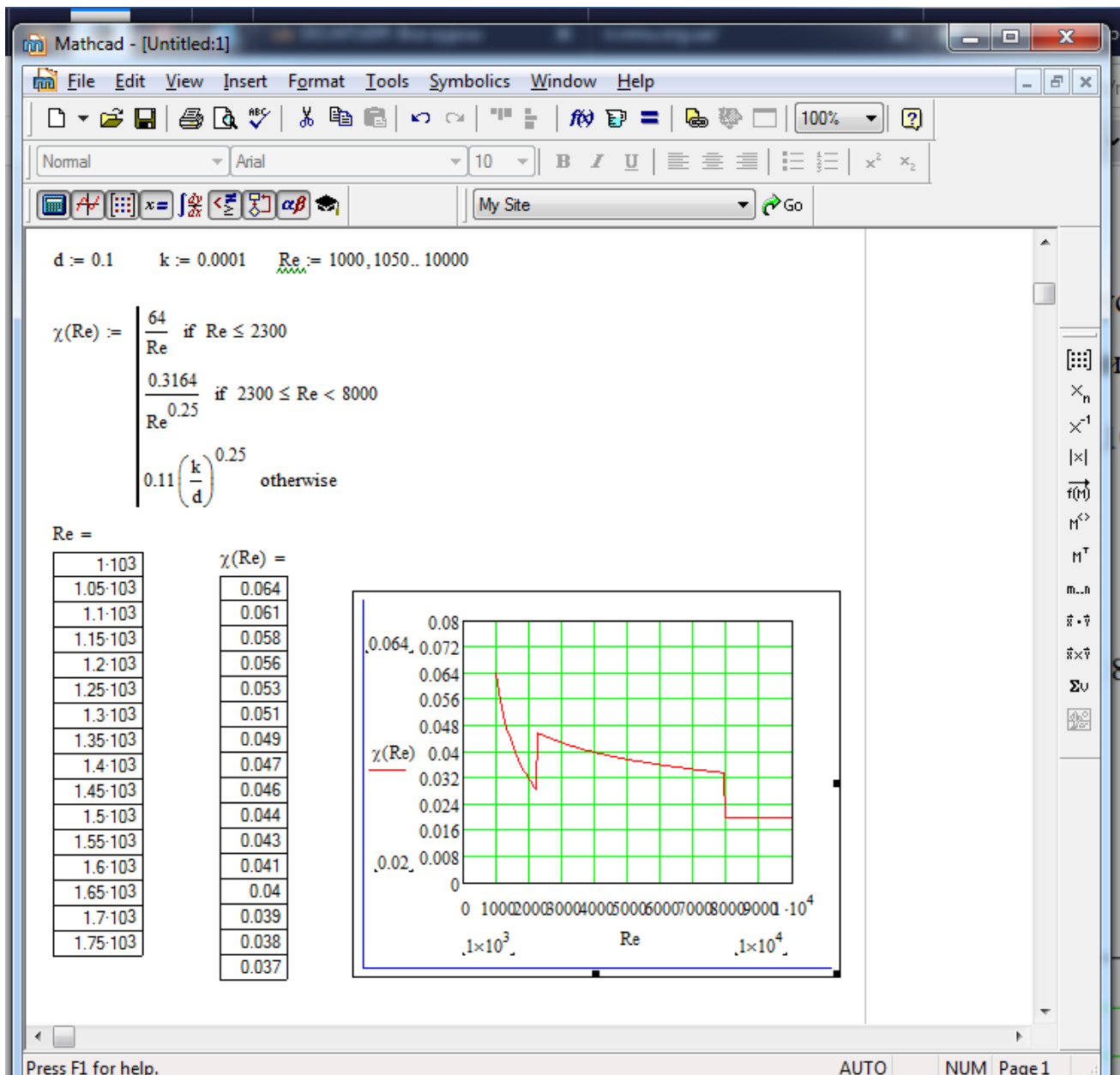


Огляд програмних операторів Mathcad:

Команда	Функція	Приклад
<b>Add Line</b>	Додати новий програмний рядок	
	Присвоювання значення локальної змінної.	$y \leftarrow 0$
<b>if</b>	Умовний оператор (оператор розгалуження) if; умова повинна стояти після if, а оператор, що виконується, якщо виконано задану умову – перед if.	$f(x) := \begin{cases} -x & \text{if } x < 0 \\ x & \text{otherwise} \end{cases}$ $f(-3) = 3 \quad f(4) = 4$
<b>otherwise</b>	Оператор, що задає альтернативну гілку умовного оператора. Позначає оператор, що повинен бути виконаний, якщо умова оператора if не виконується.	$f(x) := \begin{cases} -x & \text{if } x < 0 \\ x & \text{otherwise} \end{cases}$ $f(-3) = 3 \quad f(4) = 4$
<b>for</b>	Оператор циклу з параметром. За ключовим словом for слідує змінна лічильник, а після символу приналежності вводиться проміжок зміни цієї змінної.	$\text{Sum}(n) := \begin{cases} s \leftarrow 0 \\ \text{for } i \in 1..n \\ s \leftarrow s + i \end{cases}$ $\text{Sum}(4) = 10$
<b>while</b>	Оператор циклу с передумовою. Внутрішні оператори циклу будуть виконуватися доти, доки буде істинною умова, що слідує за ключовим словом while. Приклад показує застосування циклу для знаходження нулів функції методом дотичних Ньютона.	$N(x, f, f_x) := \text{while }  f(x)  > 10^{-6}$ $x \leftarrow x - \frac{f(x)}{f_x(x)}$ $N(2, \sin, \cos) = 3.142$
<b>break</b>	Оператор дострокового припинення циклу або програми. Служить для передчасного завершення циклу, щоб, наприклад, уникнути зациклення або занадто тривалих обчислень.	$\text{break if } i \geq 10$
<b>continue</b>	Оператор переходу до наступної ітерації. Служить для передчасного завершення поточної ітерації циклу; сам цикл при цьому триває.	$\text{continue if } x \geq 10$
<b>return</b>	Передчасне завершення програми; зазначене в комірці значення буде повернуто.	$\text{return } y$
<b>on error</b>	Оператор, що визначає значення, яке повертається у випадку виникнення помилки. Якщо при обчисленні виразу expr2 виникла помилка, обчислюється вираз expr1.	$\text{expr1 on error expr2}$

## Порядок виконання роботи:

**Завдання 1.** Розрахувати коефіцієнта гідравлічного опору, застосовуючи умовні оператори.



**Завдання 2.** Побудувати графіки ймовірності відмови  $Q(t)$  та ймовірності безвідмовної роботи  $P(t)$  насоса, якщо справедливий нормальний закон розподілу, при цьому середнє напрацювання до відмови  $T_{ср}$  становить 200 годин, а середнє квадратичне відхилення  $S$  дорівнює 60 годинам.

Рішення поставленого завдання може бути виконано наступним чином. Спочатку знаходимо функцію щільності розподілу відмов  $f(t)$ , тоді ймовірність



відмови  $Q(t)$  і ймовірність безвідмовної роботи  $P(t)$  насоса протягом напрацювання, що дорівнює  $t$ , будуть рівні певним інтегралам від щільності розподілу при відповідних межах інтегрування. У цьому завданні під знаком інтеграла може стояти як ім'я функції щільності розподілу  $f(t)$ , так і її вираження. Реалізація цього завдання в MathCAD буде виглядати наступним чином:

The screenshot shows the MathCAD software interface with the following content:

Parameters:  $T_{cp} := 200$ ,  $S := 60$ ,  $t := 0..400$

$$f(t) := \frac{e^{-\frac{(t-T_{cp})^2}{2S^2}}}{S \cdot \sqrt{2\pi}}$$

$$Q(t) := \int_0^t f(t) dt$$

$$P(t) := \int_t^{\infty} f(t) dt$$

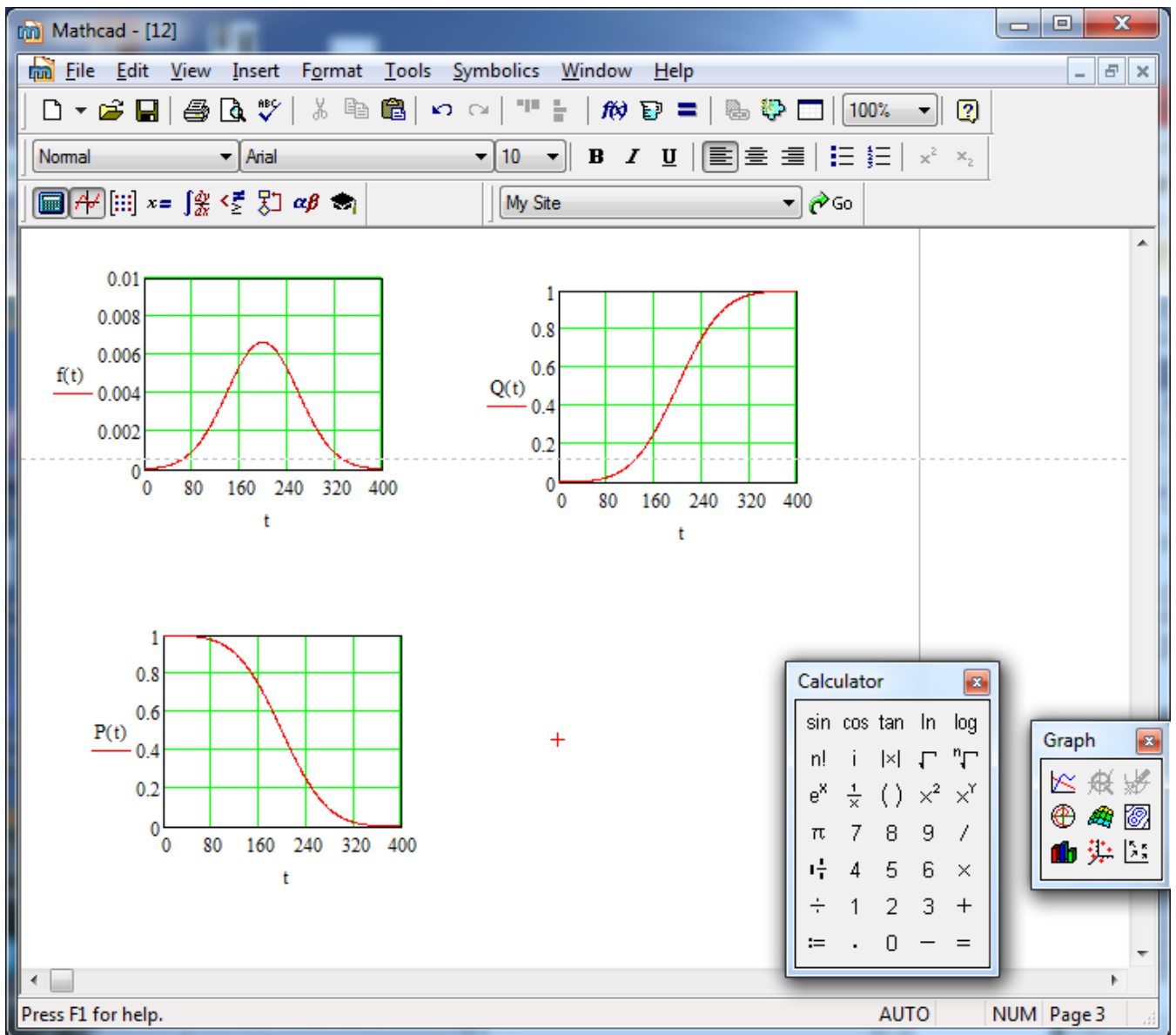
Below the formulas, three tables show numerical values:

$f(t) =$	$Q(t) =$	$P(t) =$
2.57·10 <sup>-5</sup>	0	1
2.717·10 <sup>-5</sup>	2.643·10 <sup>-5</sup>	1
2.871·10 <sup>-5</sup>	5.436·10 <sup>-5</sup>	1
3.033·10 <sup>-5</sup>	8.388·10 <sup>-5</sup>	0.999
3.203·10 <sup>-5</sup>	1.15·10 <sup>-4</sup>	0.999
3.382·10 <sup>-5</sup>	1.48·10 <sup>-4</sup>	0.999
3.569·10 <sup>-5</sup>	1.827·10 <sup>-4</sup>	0.999

Three floating windows are visible:

- Graph**: A window with various graphing icons.
- Greek**: A window displaying a grid of Greek letters:  $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon, \zeta, \eta, \theta, \iota, \kappa, \lambda, \mu, \nu, \xi, \omicron, \pi, \rho, \sigma, \tau, \upsilon, \phi, \chi, \psi, \omega, \text{A, B, \Gamma, \Delta, E, Z, H, \Theta, I, K, \Lambda, M, N, \Xi, O, \Pi, P, \Sigma, T, Y, \Phi, X, \Psi, \Omega}$ .
- Calculator**: A window with mathematical functions:  $\sin, \cos, \tan, \ln, \log, n!, i, |x|, \sqrt{\quad}, \sqrt[n]{\quad}, e^x, \frac{1}{x}, (\quad), x^2, x^y, \pi, 7, 8, 9, /, \frac{1}{4}, 4, 5, 6, \times, \div, 1, 2, 3, +, :=, ., 0, -, =$ .

At the bottom of the window, it says "Press F1 for help." and "AUTO NUM Page 2".



## Лабораторна робота № 4

### РОЗВ'ЯЗАННЯ СИСТЕМ ЛІНІЙНИХ РІВНЯНЬ

#### Теоретичні відомості

У лінійній алгебрі використовуються різні векторні й матричні норми (norm), які ставлять у відповідність матриці деяку скалярну числову характеристику. У різних специфічних задачах лінійної алгебри застосовуються різні види норм. Mathcad має вбудовані функції для розрахунку різних норм квадратних матриць:

- $\text{norm1}(A)$  – норма в просторі  $L1$ ;
- $\text{norme}(A)$  – евклідова норма (euclidean norm);
- $\text{normi}(A)$  – max-норма, або  $\infty$ -норма (infinity norm), де  $A$  – квадратна матриця.

#### *Розв'язання систем лінійних рівнянь*

Системи лінійних рівнянь у Mathcad зручно розв'язувати за допомогою функції `lsolve`. У функції `lsolve` запрограмований чисельний метод LU-розкладання. `lsolve(A,b)` – повертається вектор розв'язання такий, що  $Ax = b$ .

Аргументи:

$A$  – квадратна, несингулярна матриця коефіцієнтів системи;

$b$  – вектор, вектор правих частин, що має стільки ж рядів, скільки рядів у матриці  $A$ .

#### Метод Гауса

У Mathcad прямий і зворотний ходи методу Гауса виконує функція `rref(A)`. Вбудовані функції необхідні під час реалізації методу Гауса в Mathcad: `rref(A)` – повертається східчаста форма матриці  $A$ . `augment(A, B)` – повертається масив, сформований розташуванням  $A$  і  $B$  пліч-о-пліч. Масиви  $A$  і  $B$  повинні мати однакове число рядків. `submatrix(A, ir, jr, ic, jc)` – повертається субматриця, що складається із всіх елементів з  $ir$  по  $jr$  і стовпцях з  $ic$  по  $jc$ . Упевніться, що  $ir \leq jr$  і  $ic \leq jc$ , інакше порядок рядків і (або) стовпців буде звернений.

## Розв'язання систем рівнянь за допомогою обчислювального блока Given/ Find

Для розв'язання систем у Mathcad застосовується спеціальний обчислювальний блок Given/Find, що складається із трьох частин, що йдуть послідовно один за одним:

- Given– ключове слово;
- система, записана логічними операторами у вигляді рівностей і, можливо, нерівностей;
- Find( $x_1, \dots, x_M$ ) – вбудована функція для розв'язання системи рівнянь щодо змінних  $x_1, \dots, x_M$ .

Значення функції Find являє собою вектор, складений з розв'язків за кожною змінною. У такий спосіб число елементів вектора дорівнює числу аргументів Find. Дуже важливо, що під час використання обчислювального блока Given/Find усім невідомим потрібно надати початкові значення.

### Порядок виконання роботи:

Mathcad - [Безымянный1]

Файл ПРАВКА Вид Вставка Формат Инструменты Символьные операции Окно Справка

Normal Arial 10 B I U

Мой веб-узел Go

Розв'язання системи лінійних рівнянь методом Гаусса

Матриця системи      Матриця правої частини

$$A := \begin{pmatrix} 3 & -1 & 0 \\ -2 & 1 & 1 \\ 2 & -1 & 4 \end{pmatrix} \quad b := \begin{pmatrix} 5 \\ 0 \\ 15 \end{pmatrix}$$

Формування розширеної матриці

ORIGIN = 1

$$Ab := \text{augment}(A, b)$$
$$Ab = \begin{pmatrix} 3 & -1 & 0 & 5 \\ -2 & 1 & 1 & 0 \\ 2 & -1 & 4 & 15 \end{pmatrix}$$

Приведення розширеної матриці системи до ступенчатого виду

$$Ag := \text{rref}(Ab)$$
$$Ag = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 3 \end{pmatrix}$$

Формування стовця рішення системи

$$x := \text{submatrix}(Ag, 1, 3, 4, 4)$$
$$x = \begin{pmatrix} 2 \\ 1 \\ 3 \end{pmatrix}$$

Вставка функции

Категория функции: Все

Имя функции: str2num, str2vec, strlen, subcolor, submatrix, substr, supsmooth, svd2, sumatom

submatrix(A, ir, jr, ic, jc)

Возвращает подматрицу массива A, состоящую из элементов строк от ir до jr и столбцов от ic до jc массива A.

Матрица

$$\begin{pmatrix} \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \end{pmatrix}$$

Нажмите F1, чтобы открыть справку.

### Розв'язання системи лінійних рівнянь за допомогою функції Isolve

Обчислення визначника

$$|A| = 5$$

Рішення системи за допомогою функції Isolve

$$x := \text{Isolve}(A, b)$$

$$x = \begin{pmatrix} 2 \\ 1 \\ 3 \end{pmatrix}$$

Перевірка

$$A \cdot x - b = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Нажмите F1, чтобы открыть справку.

The screenshot shows the Mathcad software window titled "Mathcad - [Безымянный:1]". The menu bar includes "Файл", "Правка", "Вид", "Вставка", "Формат", "Инструменты", "Символьные операции", "Окно", and "Справка". The toolbar contains various icons for file operations, editing, and mathematical functions. The main workspace displays the following text:

Рішення лінійного рівняня за допомогою блока Given/Find

$$x1 := 0 \quad x2 := 0 \quad x3 := 0$$

Given

$$3 \cdot x1 - x2 = 5$$
$$-2 \cdot x1 + x2 + x3 = 0$$
$$2 \cdot x1 - x2 + 4 \cdot x3 = 15$$

Find(x1,x2,x3) =  $\begin{pmatrix} 2 \\ 1 \\ 3 \end{pmatrix}$

A small dialog box titled "Булева алгебра" (Boolean Algebra) is open, showing symbols for equality, inequality, and logical operations: =, <, >, ≤, ≥, ≠, →, ^, v, ⊕.

### Варіанти завдань:

Розв'язати систему лінійних рівнянь за допомогою функцій

а) `lsolve(A, b)`;

б) `rref(A)`;

в) обчислювального блока `Given/Find`

№	Система лінійних рівнянь
1	$\begin{cases} 2x_1 + x_2 + 2x_3 + 3x_4 = 8 \\ 3x_1 + 3x_3 = 6 \\ 2x_1 - x_2 + 3x_4 = 4 \\ x_1 + 2x_2 - x_3 + 2x_4 = 4 \end{cases}$
2	$\begin{cases} 6x_1 - x_2 + 10x_3 - x_4 = 158 \\ 2x_1 + x_2 + 10x_3 + 7x_4 = 128 \\ 3x_1 - 2x_2 - 2x_3 - x_4 = 7 \\ x_1 - 12x_2 + 2x_3 - x_4 = 17 \end{cases}$
3	$\begin{cases} 2x_1 + x_2 - 5x_3 + x_4 = -4 \\ x_1 - 3x_2 - 6x_4 = -7 \\ 2x_2 - x_3 + 2x_4 = 2 \\ x_1 + 4x_2 - 7x_3 + 6x_4 = -2 \end{cases}$
4	$\begin{cases} x_1 + 2x_2 + 3x_3 + 4x_4 = 26 \\ 2x_1 + 3x_2 + 4x_3 + x_4 = 34 \\ 3x_1 + 4x_2 + x_3 + 2x_4 = 26 \\ 4x_1 + x_2 + 2x_3 + 3x_4 = 26 \end{cases}$
5	$\begin{cases} 9x_1 + 10x_2 - 7x_3 - x_4 = 23 \\ 7x_1 - x_3 - 5x_4 = 37 \\ 5x_1 - 2x_3 + x_4 = 22 \\ 4x_1 + x_2 + 2x_3 + 3x_4 = 26 \end{cases}$
6	$\begin{cases} 2x_1 - x_2 + 4x_3 + x_4 = 66 \\ 2x_2 - 6x_3 + x_4 = -63 \\ 8x_1 - 3x_2 + 6x_3 - 5x_4 = 146 \\ 2x_1 - 7x_2 + 6x_3 - x_4 = 80 \end{cases}$
7	$\begin{cases} 6x_1 - x_2 + 10x_3 - x_4 = 158 \\ 2x_1 + x_2 + 10x_3 + 7x_4 = 128 \\ 3x_1 - 2x_2 - 2x_3 - x_4 = 7 \\ x_1 - 12x_2 + 2x_3 - x_4 = 17 \end{cases}$
8	$\begin{cases} 2x_1 - x_2 + 4x_3 + x_4 = 66 \\ 2x_2 - 6x_3 + x_4 = -63 \\ 8x_1 - 3x_2 + 6x_3 - 5x_4 = 146 \\ 2x_1 - 7x_2 + 6x_3 - x_4 = 80 \end{cases}$

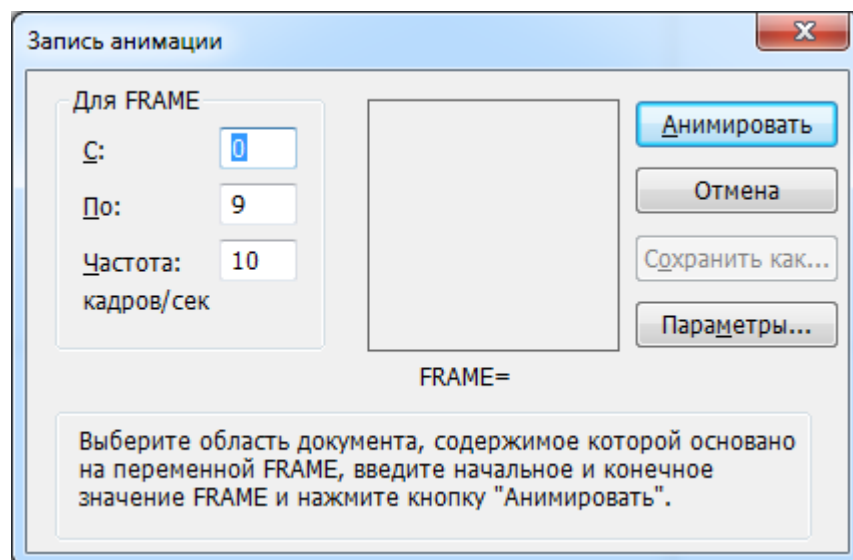
9	$\begin{cases} x_1 - 2x_2 + 6x_3 + x_4 = 88 \\ 5x_1 + 2x_3 - 3x_4 = 88 \\ 7x_1 - 3x_2 + 7x_3 + 2x_4 = 181 \\ 3x_1 - 7x_2 + 5x_3 + 2x_4 = 99 \end{cases}$
10	$\begin{cases} 2x_1 - 3x_3 - 2x_4 = -16 \\ 2x_1 - x_2 + 13x_3 + 4x_4 = 213 \\ 3x_1 + x_2 + 2x_3 + x_4 = 72 \\ x_1 - 12x_3 - 5x_4 = -159 \end{cases}$
11	$\begin{cases} x_1 - 2x_2 - 8x_4 = -7 \\ x_1 + 4x_2 - 7x_3 + 6x_4 = -8 \\ x_1 + x_2 - 5x_3 + x_4 = -10 \\ 2x_1 - x_2 + 2x_4 = 7 \end{cases}$
12	$\begin{cases} 7x_1 + 7x_2 - 7x_3 - 2x_4 = 5 \\ 3x_1 + 4x_2 + 5x_3 + 8x_4 = 60 \\ 2x_1 + 2x_2 + 2x_3 + x_4 = 27 \\ 2x_1 - 2x_3 - x_4 = -1 \end{cases}$
13	$\begin{cases} 2x_1 + 2x_2 + 6x_3 + x_4 = 15 \\ -x_2 + 2x_3 + x_4 = 18 \\ 4x_1 - 3x_2 + x_3 - 5x_4 = 37 \\ 3x_1 - 5x_2 + x_3 - x_4 = 30 \end{cases}$
14	$\begin{cases} 2x_1 + x_2 + 2x_3 + 3x_4 = 8 \\ 3x_1 + 3x_3 = 6 \\ 2x_1 - x_2 + 3x_4 = 4 \\ x_1 + 2x_2 - x_3 + 2x_4 = 4 \end{cases}$
15	$\begin{cases} 4x_1 - 5x_2 + 7x_3 + 5x_4 = 165 \\ 2x_1 + x_2 - 3x_3 - x_4 = -15 \\ 9x_1 + 4x_3 - x_4 = 194 \\ x_1 - x_2 - 2x_3 - 3x_4 = -19 \end{cases}$
16	$\begin{cases} 2x_1 - x_2 + 4x_3 + x_4 = 66 \\ 2x_2 - 6x_3 + x_4 = -63 \\ 8x_1 - 3x_2 + 6x_3 - 5x_4 = 146 \\ 2x_1 - 7x_2 + 6x_3 - x_4 = 80 \end{cases}$
17	$\begin{cases} 2x_1 + x_2 - 5x_3 + x_4 = -4 \\ x_1 - 3x_2 - 6x_4 = -7 \\ 2x_2 - x_3 + 2x_4 = 2 \\ x_1 + 4x_2 - 7x_3 + 6x_4 = -2 \end{cases}$
18	$\begin{cases} 2x_1 - x_2 + 4x_3 + x_4 = 66 \\ 2x_2 - 6x_3 + x_4 = -63 \\ 8x_1 - 3x_2 + 6x_3 - 5x_4 = 146 \\ 2x_1 - 7x_2 + 6x_3 - x_4 = 80 \end{cases}$

## Лабораторна робота № 5

### АНІМАЦІЯ ГРАФІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

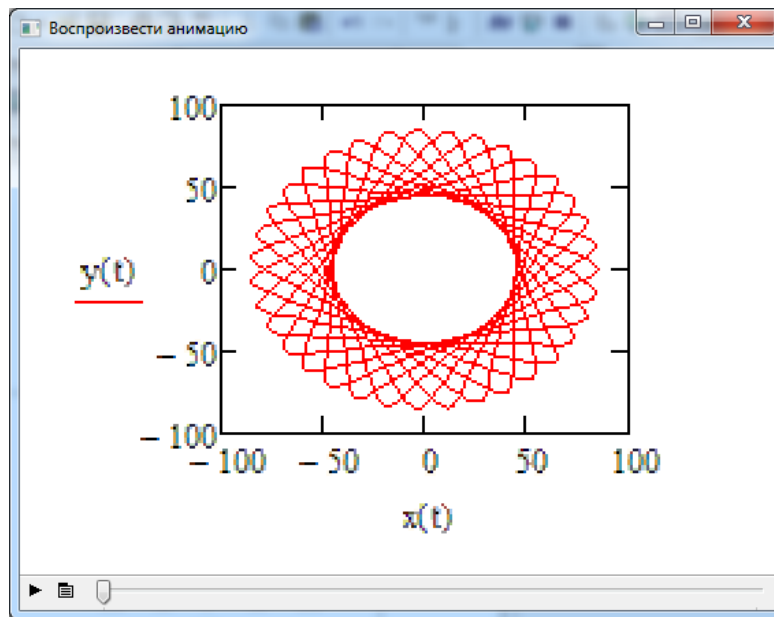
Анімація (оживлення) графічної інформації – це зручна форма аналізу подій у часі. Незалежним аргументом анімації є вбудована функція під назвою FRAME, яка послідовно набуває цілих значень в діапазоні від початкового (From) до кінцевого (To) з темпом (At) значень за секунду. Аналізована функція повинна залежати від FRAME. Анімація використовується для побудови графіків у часі або для послідовного показу кадрів. Графіки для анімації задаються функцією, в якій FRAME– параметр ранжованої змінної.

Графіки функцій, що залежать від FRAME, одержують у процесі анімації. Для підготовки анімаційного режиму необхідно ввести команду “Вид\Анімація (View\Animate)”. З’явиться вікно налагодження:



У вікні необхідно встановити параметри From, To, At , виділити графік за допомогою курсору миші і натиснути клавішу “Animate”. Програма розраховує процес анімації з виведенням графічного зображення в бокс вікна над написом FRAME=. Після розрахунків на екрані з’явиться вікно демонстраційного перегляду:





Натисканням трикутної пускової клавіші у лівому нижньому кутку вікна можна неодноразово переглядати розвиток подій у часі.

### Порядок виконання роботи:

#### Завдання 1.

$A := 120$     $B := 55$     $hc := 1$     $C := 20 + \text{FRAME} \cdot hc$

$x(t) := (A - B) \cdot \cos(t) + C \cdot \cos\left(\frac{A}{B} \cdot t\right)$     $y(t) := (A - B) \cdot \sin(t) - C \cdot \sin\left(\frac{A}{B} \cdot t\right)$

$\text{NOD} := \text{gcd}(A, B)$     $n := \frac{B}{\text{NOD}}$     $t := 0, 0.1 \dots 2 \cdot \pi \cdot n$     $d := A - B + C$

Запись анимации

Для FRAME

С:

По:

Частота:

кадров/сек

FRAME= 55

Анимировать

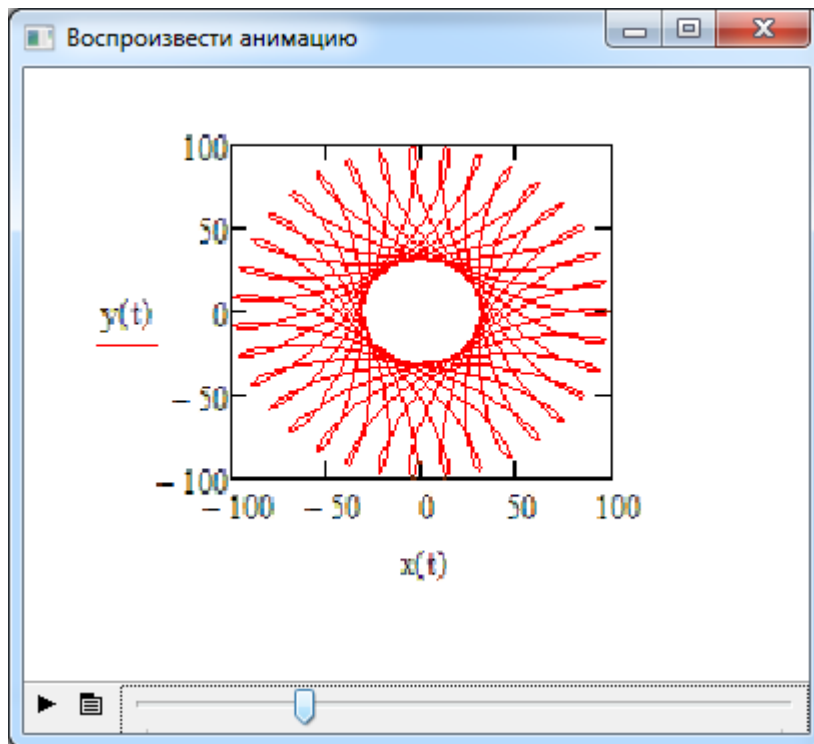
Отмена

Сохранить как...

Параметры...

Выберите область документа, содержимое которой основано на переменной FRAME, введите начальное и конечное значение FRAME и нажмите кнопку "Анимировать".

Нажмите F1, чтобы открыть справку.



**Завдання 2.**

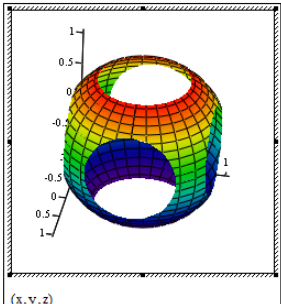
Mathcad - [Безымянный.3]

Файл Правка Вид Вставка Формат Инструменты Символьные операции Окно Справка

Normal Arial 10

Мой веб-узел

$N := 30$      $i := 0..N$      $j := 0..N$      $a := 0.05$      $b := 0.2$   
 $\varphi_i := 2 \cdot \pi \cdot \frac{i}{N}$      $\theta_j := \pi \cdot \frac{j}{N}$   
 $f := a \cdot \text{FRAME}$   
 $R_{i,j} := \cos(f)^2 + b$   
 $X_{i,j} := R_{i,j} \cdot \cos(\varphi_i) \cdot \sin(\theta_j)$   
 $Y_{i,j} := R_{i,j} \cdot \sin(\varphi_i) \cdot \sin(\theta_j)$   
 $Z_{i,j} := R_{i,j} \cdot \cos(\theta_j)$



(x, y, z)

Нажмите F1 чтобы открыть справку.

Калькулятор

Матрица

Греческий

Формат 3D-графика

Специальная    Дополнительно    Данные быстрого графика

Общие    Оси    Оформление    Подсветка    Заголовок    Задние планы

Ось X    Ось Y    Ось Z

Сетка

Провести линии

Нарисовать деления

Автосетка

Цвет линии

4 Число

1 Толщина линии

Подпись

Формат осей

Показать числа

Цвет осей

Толщина осей

1

Пределы изменения переменных

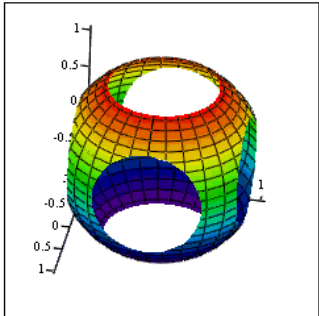
Автомасштабирование

-1 Мин. значение

1 Макс. значение

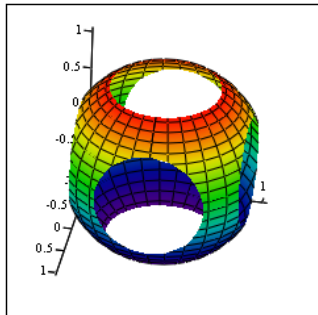
OK    Отмена    Применить    Справка

Вспроизвести анимацию



(x, y, z)

$z_{i,j} := R \cdot \cos(\theta_j)$



(x, y, z)

Символьные операции Окно Справка

100%

**B I U**

0.2

+

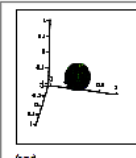
Запись анимации

Для FRAME

С: 0

По: 40

Частота: 10 кадров/сек



FRAME = 40

Анимировать

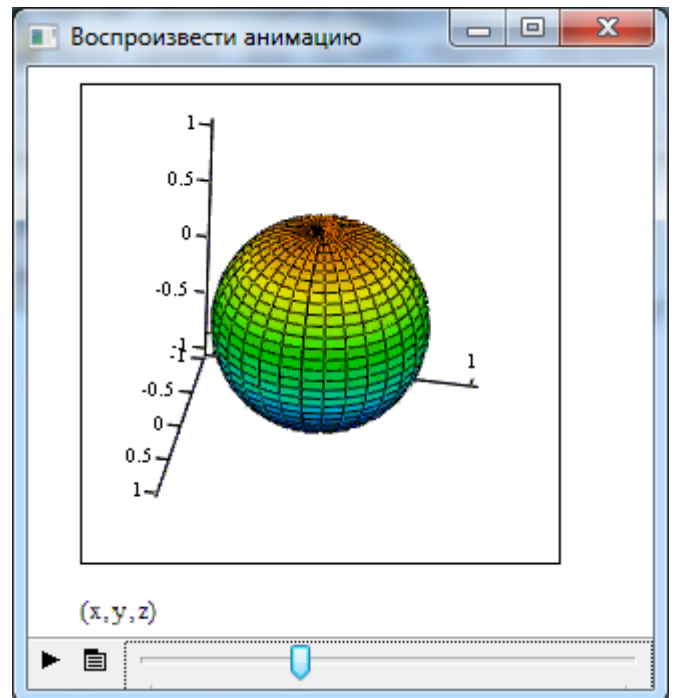
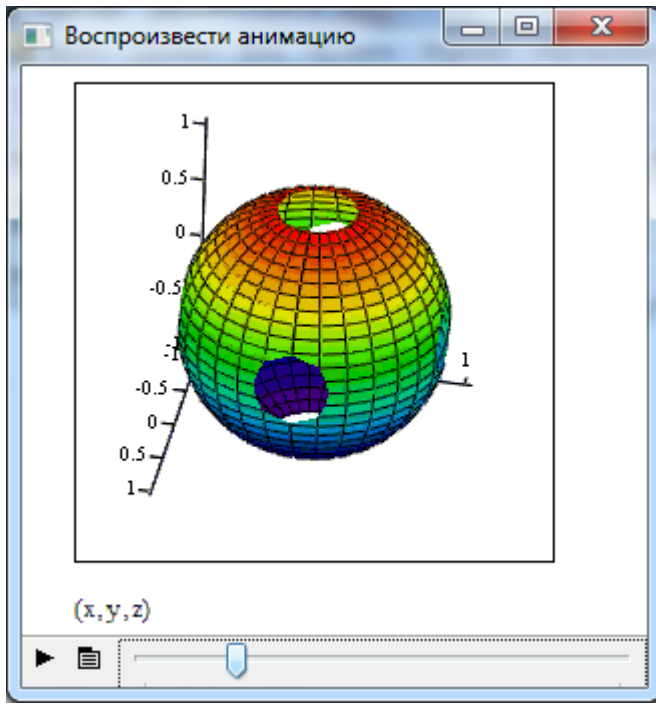
Отмена

Сохранить как...

Параметры...

Выберите область документа, содержимое которой основано на переменной FRAME, введите начальное и конечное значение FRAME и нажмите кнопку "Анимировать".

Нажмите F1, чтобы открыть справку.



## Лабораторна робота №6

# МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ОДНОЦИЛІНДРОВОГО ПОРШНЕВОГО НАСОСА

### Теоретичні відомості

Маючи працюючу програму, що дозволяє моделювати кривошипно-шатунний механізм, моделювання поршневого насоса не представляє ніякої складності. На рис. 3.1 приведена схема одноциліндрового насоса подвійної дії.

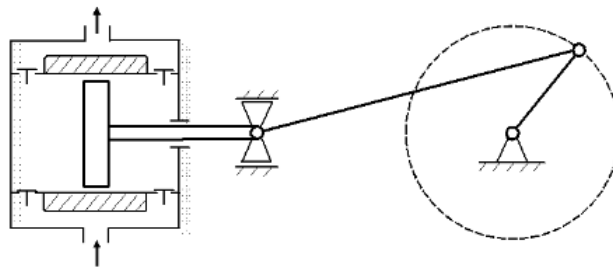


Рис. 3.1. Схема одноциліндрового насоса подвійної дії

В якості незалежної змінної приймемо кут повороту, відповідний лівій (поршневій) камері, а кут повороту штокової (правої) камери буде зміщений відносно неї на  $\pi$  радіан. Тоді переміщення для лівій і правої камер будуть відповідно рівні:

$$S1 := r \times$$

$$S2 := r \times$$

Спрощений алгоритм розрахунку може бути наступним:

$$\varphi \rightarrow \Delta t \rightarrow S1 \rightarrow V1 \rightarrow \Delta V1 \rightarrow \Delta V1_{\pi} \rightarrow Q \rightarrow Q_{cp} \rightarrow k_n \rightarrow C_n$$

$$S2 \rightarrow V2 \rightarrow \Delta V2 \rightarrow \Delta V2_{\pi}$$

Поставивши собі за незалежної змінної  $\varphi$ , визначаємо крок рахунки за часом  $\Delta t$ , далі для кожної камери визначаємо: переміщення  $S$ ; обсяг  $V$ ; зміна обсягу  $\Delta V$ ; обсяг порції рідини, виштовхується за крок  $\Delta V_{\pi}$ ; далі для насоса в цілому: подачу (миттєву)  $Q$ ; середню подачу  $Q_{cp}$ ; коефіцієнт нерівномірності подачі  $k_n$  і ступінь нерівномірності подачі  $C_n$ . Так як показаний вище алгоритм є чисто лінійним, тобто не розгалужень і циклів, то відповідна йому програма в MathCAD не вимагає застосування операторів програмування і може бути наступною

### Порядок виконання роботи:

Mathcad - [12]

File Edit View Insert Format Tools Symbolics Window Help

Normal Arial 10 B I U

My Site Go

1. Початкові данні:

$$r := 0.1 \quad L := 0.5 \quad D := 0.25 \quad d := 0.04 \quad n := 2$$

2. Попередні обчислення:

$$\lambda := \frac{r}{L} \quad \omega := 2 \cdot \pi \cdot n \quad F := \pi \cdot \frac{D^2}{4} \quad f := \pi \cdot \frac{D^2 - d^2}{4}$$

3. Завдання незалежної змінної

$$N := 3600 \quad \Delta\phi := \frac{2 \cdot \pi}{N} \quad i := 0..N$$

$$\phi_0 := 0$$

$$\phi_{i+1} := \phi_i + \Delta\phi$$

4. Крок рахунки за часом

$$\Delta t := \frac{\Delta\phi}{\omega}$$

5. Початкові умови

$$\phi_0 := 0 \quad S1_0 := 0 \quad S2_0 := r \cdot \left( 1 - \cos(\phi_0 + \pi) + \frac{\lambda}{2} \cdot \sin(\phi_0 + \pi)^2 \right)$$

$$V1_0 := S1_0 \cdot F \quad V2_0 := S2_0 \cdot f$$

6. Обчислення

Переміщення

$$S1 := r \cdot \left( 1 - \cos(\phi) + \frac{\lambda}{2} \cdot \sin(\phi)^2 \right) \quad +$$

$$S2 := r \cdot \left( 1 - \cos(\phi + \pi) + \frac{\lambda}{2} \cdot \sin(\phi + \pi)^2 \right)$$

Press F1 for help.

Mathcad - [12]

File Edit View Insert Format Tools Symbolics Window Help

Normal Arial 10 B I U

My Site Go

Обсяги камер

$$V1_{i+1} := S1_{i+1} \cdot F \quad V2_{i+1} := S2_{i+1} \cdot f$$

Зміна обсягів камер за крок

$$\Delta V1_i := V1_{i+1} - V1_i \quad \Delta V2_i := V2_{i+1} - V2_i$$

Обсяг порцій, що виштовхуються за крок

$$\Delta V1n_i := \text{if}(V1_{i+1} < V1_i, -\Delta V1_i, 0) \quad \Delta V2n_i := \text{if}(V2_{i+1} < V2_i, -\Delta V2_i, 0)$$

Подача насоса (миттєва)

$$Q := \frac{\Delta V1n + \Delta V2n}{\Delta t}$$

Тривалість одного циклу роботи

$$t := \frac{2 \cdot \pi}{\omega}$$

Обсяг порцій, що виштовхуються за цикл

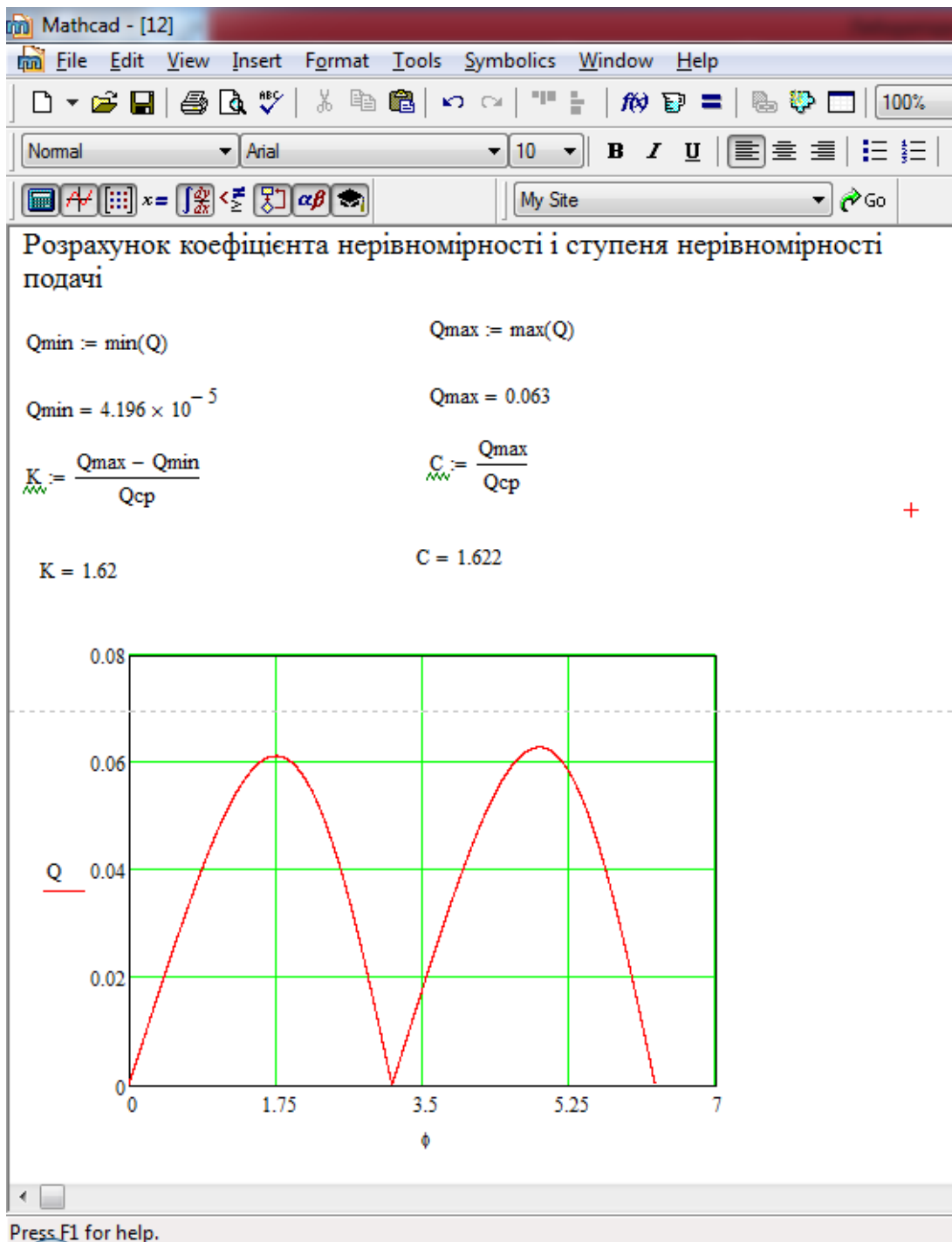
$$\Delta V := \sum_{i=0}^N (\Delta V1n_i + \Delta V2n_i) \quad +$$

Подача насоса (середня)

$$Q_{\text{ср}} := \frac{\Delta V}{t} \quad Q_{\text{ср}} = 0.039$$

Press F1 for help.





У даній програмі використані деякі вбудовані функції: if (умова, варіант 1, варіант 2), min (...), max (...), які вибираються так: в меню вибрати підміну Вставка, в списку вибрати Функцію і далі у вікні за алфавітом вибрати відповідну функцію і натиснути кнопку ОК.

Функція умови застосована тут виходячи з тих міркувань, що обсяг порції, виштовхується з порожнини за крок, дорівнює зміні обсягу камери, але тільки в тому випадку, якщо цей обсяг зменшується. А при збільшенні обсягу об'єм

порції, що виштовхується дорівнює нулю (камера при цьому заповнюється) Слід зазначити, що мінімальна подача у розглянутого насоса повинна бути дорівнює нулю. Тут ми маємо справу в обчислювальній похибкою, розмір якої зменшується при зменшенні кроку рахунку (кроку кута повороту).

**Варіанти завдання:**

№ варіанту	r	L	D	d	n	N
1	0.15	0.4	0.25	0.04	2	3600
2	0.12	0.55	0.4	0.03	2	3600
3	0.1	0.5	0.35	0.035	2	3600
4	0.14	0.45	0.3	0.025	2	3600
5	0.17	0.5	0.4	0.04	2	3600
6	0.2	0.45	0.25	0.03	2	3600
7	0.15	0.55	0.35	0.035	2	3600
8	0.17	0.5	0.4	0.025	2	3600
9	0.11	0.6	0.3	0.03	2	3600
10	0.12	0.5	0.35	0.035	2	3600
11	0.15	0.6	0.25	0.025	2	3600
12	0.12	0.45	0.3	0.04	2	3600
13	0.1	0.55	0.4	0.03	2	3600
14	0.14	0.4	0.35	0.035	2	3600
15	0.17	0.6	0.25	0.025	2	3600
16	0.2	0.5	0.35	0.04	2	3600
17	0.15	0.55	0.4	0.04	2	3600
18	0.17	0.4	0.25	0.03	2	3600
19	0.11	0.45	0.3	0.035	2	3600
20	0.12	0.5	0.35	0.025	2	3600

## Лабораторна робота № 7

### ВИЗНАЧЕННЯ МЕХАНІЧНОЇ, РЕЙСОВОЇ, ТЕХНІЧНОЇ, КОМЕРЦІЙНОЇ ТА ЦИКЛОВОЇ ШВИДКОСТІ БУРІННЯ

#### Теоретичні відомості

Механічна швидкість буріння – показник, що характеризує темп руйнування гірської породи й залежить від її особливостей, типу долота, режиму буріння, використаного обладнання й вибійного двигуна, параметрів промивальної рідини та кваліфікації бурильника. Механічна швидкість буріння визначається за формулою:

$$V_M = \frac{L}{T_{\text{бур}}}$$

Кількість рейсів

$$N = \frac{L_{\text{СВ}}}{L_p}$$

Час чистого буріння рейсу

$$T_{\text{бур.р}} = \frac{T_{\text{бур}}}{N}$$

Рейсова швидкість буріння – показник, що характеризує ефективність роботі долота й показує темп заглиблення стовбура свердловини за час механічного буріння та спуско-підймальних операцій

Середня рейсова швидкість буріння:

$$V_p = \frac{L_p}{T_{\text{бур.р}} + T_{\text{сп}}} = \frac{L_p}{T_{\text{бур}} + T_{\text{сп}}}$$

Технічна швидкість буріння:

$$V_T = \frac{L_{\text{СВ}}}{T_{\text{бур}} + T_{\text{сп}} + T_{\text{дод}}}$$

Тоді загальний час на спуско-підймальні та допоміжні роботи

$$T_{\text{сп}} = NT_{\text{сп1}}$$

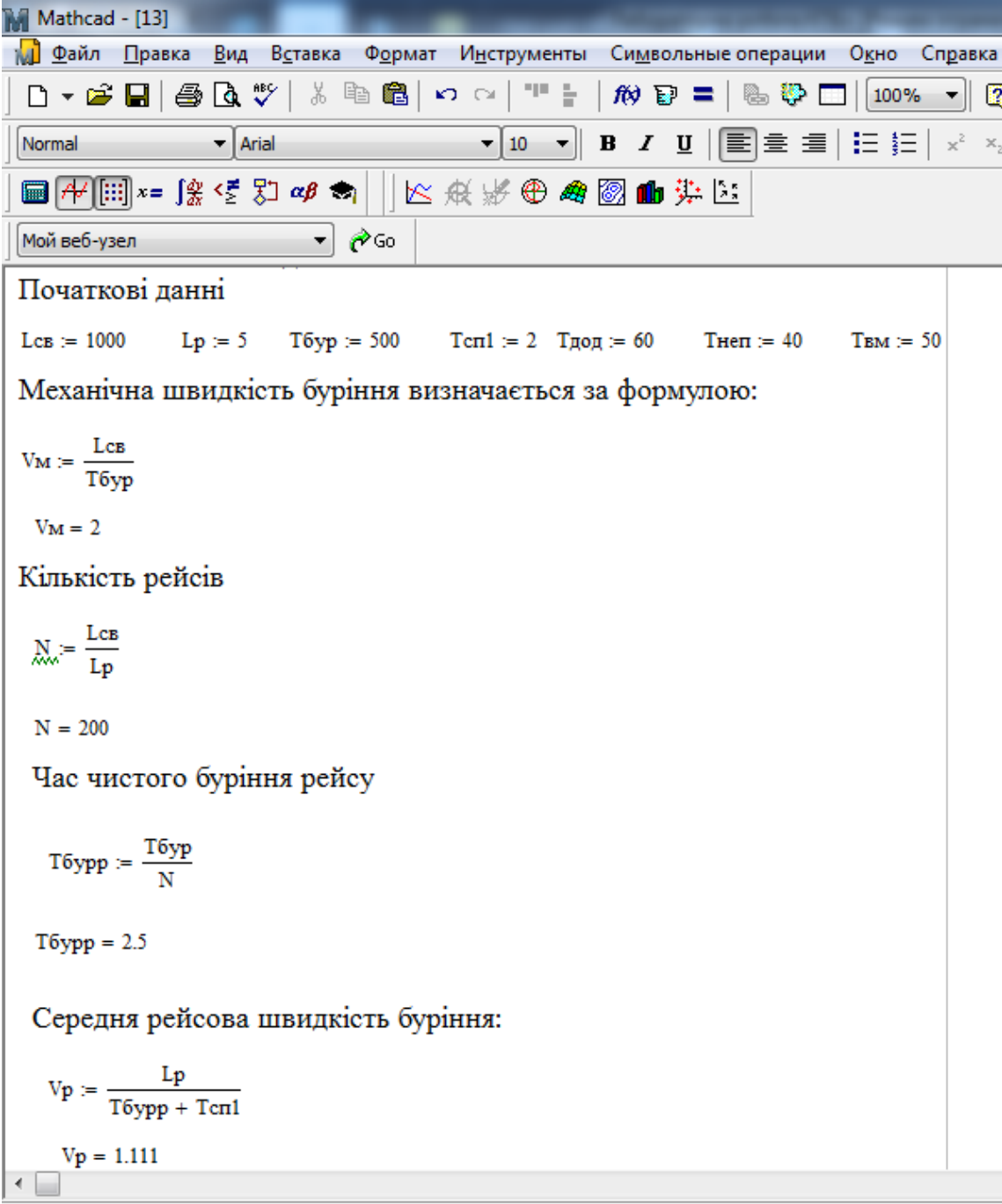
Комерційна швидкість буріння

$$V_K = \frac{L_{\text{СВ}}}{T_{\text{бур}} + T_{\text{сп}} + T_{\text{дод}} + T_{\text{неп}}}$$

Циклова швидкість буріння

$$V_{\text{ц}} = \frac{L_{\text{СВ}}}{T_{\text{бур}} + T_{\text{сп}} + T_{\text{дод}} + T_{\text{неп}} + T_{\text{вм}}}$$

## Порядок виконання роботи:



Mathcad - [13]

Файл Правка Вид Вставка Формат Инструменты Символьные операции Окно Справка

Normal Arial 10 B I U

Мой веб-узел Go

Початкові данні

$L_{св} := 1000$      $L_p := 5$      $T_{бур} := 500$      $T_{сп1} := 2$      $T_{дод} := 60$      $T_{неп} := 40$      $T_{ем} := 50$

Механічна швидкість буріння визначається за формулою:

$$V_M := \frac{L_{св}}{T_{бур}}$$
$$V_M = 2$$

Кількість рейсів

$$N := \frac{L_{св}}{L_p}$$
$$N = 200$$

Час чистого буріння рейсу

$$T_{бурр} := \frac{T_{бур}}{N}$$
$$T_{бурр} = 2.5$$

Середня рейсова швидкість буріння:

$$V_p := \frac{L_p}{T_{бурр} + T_{сп1}}$$
$$V_p = 1.111$$

Нажмите F1, чтобы открыть справку.

Mathcad - [13]

Файл Правка Вид Вставка Формат Инструменты Символьные операции Окно Справка

Normal Arial 10 B I U

Мой веб-узел Go

Загальний час на спуско-підймальні й допоміжні роботи:

$$T_{сп} := N \cdot T_{сп1}$$

$$T_{сп} = 400$$

Технічна швидкість буріння:

$$V_T := \frac{L_{св}}{T_{бур} + T_{сп} + T_{дод}}$$

$$V_T = 1.042$$

Комерційна швидкість буріння:

$$V_K := \frac{L_{св}}{T_{бур} + T_{сп} + T_{дод} + T_{неп}}$$

$$V_K = 1$$


---

Циклова швидкість буріння:

$$V_{ц} := \frac{L_{св}}{T_{бур} + T_{сп} + T_{дод} + T_{неп} + T_{вм}}$$

$$V_{ц} = 0.952$$

Нажмите F1, чтобы открыть справку.

### Варіанти завдання:

Варіант	L <sub>св</sub> , м	L <sub>p</sub> , м	T <sub>бур</sub> , год	T <sub>сп1</sub> , год	T <sub>дод</sub> , год	T <sub>неп</sub> , год	T <sub>вм</sub> , год
1	500	3	300	1	30	50	30
2	600	4	250	1,2	35	30	35
3	700	5	200	1,4	40	70	40
4	800	6	350	1,6	45	150	40
5	900	3	250	1,8	50	80	35
6	1000	4	320	2	55	200	50
7	1100	5	450	2,2	60	60	45
8	1200	6	800	2,4	65	120	60
9	1300	4	650	2,7	70	250	55
10	1400	5	540	3	75	170	50
11	700	4	350	1,4	55	30	40
12	800	5	250	1,6	60	70	35
13	900	6	320	1,8	65	150	50
14	1000	4	450	2	70	80	45
15	1100	6	800	2,2	75	200	60
16	700	3	650	1	35	60	55
17	500	4	540	1,2	40	120	50
18	600	5	300	1,4	45	250	40
19	700	6	250	1,6	50	170	35
20	800	6	200	1,8	55	150	50

## Лабораторна робота №8

### ВИЗНАЧЕННЯ ЩІЛЬНОСТІ БУРОВОГО РОЗЧИНУ ДЛЯ РОЗКРИТТЯ УСКЛАДНЕНИХ ГОРИЗОНТІВ

#### Теоретичні відомості

1. Визначення максимальної швидкості спуску бурильного інструменту.

Максимальну швидкість спуску бурильної колони визначаємо за формулою

$$V_{\max} = (\rho_{\text{гидр}} - \rho_{\text{пл}}) * (D_{\text{дол}}^2 - d_{\text{бт}}^2) / 3300L * \eta$$

де  $\rho_{\text{гидр}}$  – гідростатичний тиск стовпа бурового розчину, МПа;  $\rho_{\text{пл}}$  – пластовий тиск, МПа;  $D_{\text{дол}}$  – діаметр долота, мм;  $d_{\text{бт}}$  – діаметр бурильних труб, мм;  $L$  – глибина залягання поглинаючого горизонту, м;  $\eta$  – динамічна в'язкість бурового розчину, Н\*с/м<sup>2</sup>.

Розрахунок гідростатичного тиску стовпа бурового розчину за формулою:

$$\rho_{\text{гидр}} = H * \rho / 100$$

2. Визначення щільності бурового розчину для розтину текучих порід і продуктивних горизонтів.

Щільність визначаємо за формулою :

$$\rho = 100 * (0,01 \rho_{\text{исх}} H + P_{\text{изб}}) / H,$$

де  $\rho_{\text{исх}}$  – вихідна щільність бурового розчину до розкриття ускладнених порід, г/см<sup>3</sup>;  $H$  – глибина залягання покрівлі текучих порід, м;  $P_{\text{изб}}$  – надлишковий тиск на гирлі свердловини, МПа.

## Порядок виконання роботи:

1.

Mathcad - [14]

Файл Правка Вид Вставка Формат Инструменты Символьные операции Окно Справка

Normal Arial 10 B I U

Мой веб-узел Go

$H := 1800$      $Ддол := 215.9$      $дбр := 146$      $рпл := 19$      $ρбр := 1.16$      $η := 0.02$

$r_{гдр} := \frac{H \cdot \rho_{бр}}{100}$

$r_{гдр} = 20.88$

$V_{max} := \frac{(r_{гдр} - r_{пл}) \cdot (D_{дол}^2 - d_{бр}^2)}{3300 \cdot H \cdot \eta}$

$V_{max} = 0.4$

2.

Mathcad - [14]

Файл Правка Вид Вставка Формат Инструменты Символьные опера...

Normal Arial 10 B I U

Мой веб-узел Go

Вхідні данні:

$рисх := 1.12$      $Ргзб := 8$      $H := 1750$

Вхідні данні:

$$рисх := 1.12 \quad Ргзб := 8 \quad H := 1750$$

Щільність визначаємо за формулою:

$$\rho := 100 \cdot \frac{(0.01 \cdot рисх \cdot H + Ргзб)}{H}$$

$$\rho = 1.577$$

## Варіанти завдань:

### 1. Визначення максимальної швидкості спуску бурильного інструменту

№ вар	Глибина залягання поглинаючого пласта, м	Діаметр долота, мм	Діаметр бурильних труб, мм	Пластовий тиск, МПа	Густина БР, г/ см <sup>3</sup>	Динамічна в'язкість бурового розчину, Н*с/м <sup>2</sup>
1	1600	215,9	146	25	1,11	0,02
2	1650	215,9	127	26	1,12	0,02
3	1700	215,9	146	27	1,13	0,02
4	1750	215,9	127	28	1,14	0,02
5	1800	215,9	146	29	1,15	0,02
6	1850	215,9	127	30	1,16	0,02
7	1600	215,9	146	30	1,16	0,02
8	1650	215,9	127	25	1,15	0,02
9	1700	215,9	146	26	1,14	0,02
10	1750	215,9	127	27	1,13	0,02
11	1800	215,9	146	28	1,12	0,02
12	1850	215,9	127	29	1,11	0,02
13	1600	215,9	146	26	1,13	0,02
14	1650	215,9	127	27	1,14	0,02
15	1700	215,9	146	28	1,15	0,02

### 2. Визначення щільності бурового розчину для розчину текучих порід і продуктивних горизонтів

№ вар	Глибина залягання покрівлі текучих порід, м	Надмірний тиск на гирлі після закриття превентора, МПа	Щільність БР до розкриття текучих порід, г/ см <sup>3</sup>
1	1850	5	1,11
2	1800	6	1,13
3	1750	7	1,12
4	1700	8	1,14
5	1650	9	1,15
6	1600	10	1,16
7	1600	11	1,17
8	1650	5	1,12
9	1700	6	1,13
10	1750	7	1,15
11	1800	8	1,16
12	1850	9	1,14
13	1650	7	1,12
14	1700	8	1,13
15	1750	9	1,15



## Лабораторна робота №9

### РОЗРАХУНКИ І ПОБУДОВА ПРОЕКЦІЙ ВИКРИВЛЕНИХ СВЕРДЛОВИН.

#### Теоретичні відомості

Як правило, більшість розвідувальних свердловин відхиляються від заданого напрямку з різноманітних причин. Це спотворює геологічні дані, дає помилкове уявлення про глибину, форми і розміри корисних копалин. Щоб уникнути неточностей, будуються проекції викривленої свердловини.

Положення трас скривлених свердловин визначається координатами устя  $(X_0, Y_0, Z_0)$ , отриманим шляхом топографічної або маркшейдерської зйомки і координатами точок, що лежать на осі свердловини. Останні визначаються значеннями трьох параметрів: зенітного кута  $(\Theta_i)$ , азимута  $(\alpha_i)$  і глибиною заміру  $(L_i)$ .

Формули для розрахунку:

$$X_i = X_i + \Delta X_i = X_{i-1} + \Delta l_i \sin \theta_{\text{іср}} \cos \alpha_{\text{іср}};$$

$$Y_i = Y_i + \Delta Y_i = Y_{i-1} + \Delta l_i \sin \theta_{\text{іср}} \sin \alpha_{\text{іср}};$$

$$Z_i = Z_i - \Delta Z_i = Z_{i-1} - \Delta l_i \cos \theta_{\text{іср}},$$

де  $(X, Y, Z)$  – координати попередньої точки на осі свердловини, м;  $\Delta (X, Y, Z)_i$  – координати на інтервалі  $\Delta l_i$ , м;  $\Theta_{\text{іср}}$ ,  $\alpha_{\text{іср}}$  – середні значення відповідно зенітного й азимутального кутів на інтервалі  $\Delta l_i$ , град:

$$\theta(\alpha)_{\text{іср}} = \frac{Q(\alpha)_{i-1} + Q(\alpha)_i}{2}, \text{ град.}$$

При переході азимута свердловини через напрямок  $0^\circ$  (розрахунок провадиться за формулою:

$$\alpha_{\text{іср}} = \frac{\alpha_{i-1} \pm 360 + \alpha_i}{2}.$$

Значення координат устя свердловини  $X_0, Y_0, Z_0$  умовно приймаються рівними нулю.

## Порядок виконання роботи:

Mathcad - [Безымянный:1]

Файл Правка Вид Вставка Формат Инструменты Символьные опера...

Normal Arial 10 B I U

Мой веб-узел Go

Початкові данні:

$L_{св} := 1200 \quad \Delta l := 200 \quad i := 0..6$

$\theta_0 := 15 \quad \alpha_0 := 200$

$\theta_1 := 20 \quad \alpha_1 := 230$

$\theta_2 := 25 \quad \alpha_2 := 260$

$\theta_3 := 30 \quad \alpha_3 := 285$

$\theta_4 := 33 \quad \alpha_4 := 300$

$\theta_5 := 35 \quad \alpha_5 := 310$

$\theta_6 := 37 \quad \alpha_6 := 320$

$L_{св_i} := \Delta l \cdot i$

$j := 1..6$

$\theta_{ср_j} := \frac{\theta_{j-1} + \theta_j}{2} \quad \alpha_{ср_j} := \frac{\alpha_{j-1} + \alpha_j}{2}$

+

Mathcad - [Безымянный:1]

Файл Правка Вид Вставка Формат Инструменты Символьные операции Окно Справка

Normal Arial 10 B I U

Мой веб-узел Go

$x_0 := 0 \quad y_0 := 0 \quad z_0 := 0 \quad \Delta x_0 := 0 \quad \Delta y_0 := 0 \quad \Delta z_0 := 0$

$x_j := x_{j-1} + \Delta l \cdot \sin(\theta_{ср_j} \text{ deg}) \cdot \cos(\alpha_{ср_j} \text{ deg})$

$y_j := y_{j-1} + \Delta l \cdot \sin(\theta_{ср_j} \text{ deg}) \cdot \sin(\alpha_{ср_j} \text{ deg})$

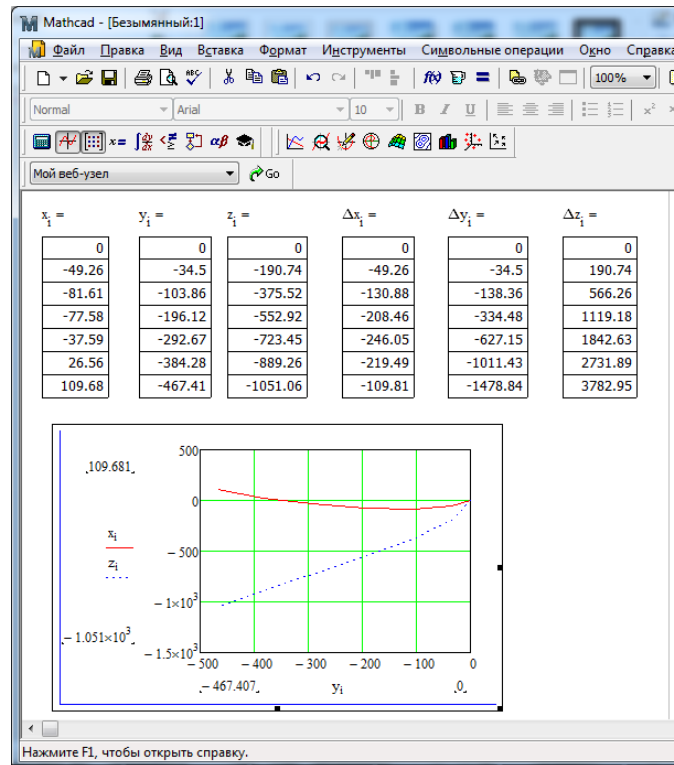
$z_j := z_{j-1} - \Delta l \cdot \cos(\theta_{ср_j} \text{ deg})$

$\Delta x_j := \Delta x_{j-1} + x_j \quad \Delta y_j := \Delta y_{j-1} + y_j \quad \Delta z_j := \Delta z_{j-1} - z_j$

Результаты:

i =	$\Delta l = 200$	$L_{св_i} =$	$\theta_i =$	$\alpha_i =$	$\theta_{ср_i} =$	$\alpha_{ср_i} =$
0			15	200	0	0
1		200.00	20	230	17.5	215
2		400.00	25	260	22.5	245
3		600.00	30	285	27.5	272.5
4		800.00	33	300	31.5	292.5
5		1000.00	35	310	34	305
6		1200.00	37	320	36	315

Нажмите F1, чтобы открыть справку.



### Варіанти завдань

№ варіанта	Lсв, м	Δl, м	Кути закладення		Результати замірів на глибині L											
					1		2		3		4		5		6	
			Θ <sub>0</sub>	α <sub>0</sub>	Θ	α	Θ	α	Θ	α	Θ	α	Θ	α	Θ	α
1	1200	200	10	300	15	340	20	355	23	10	26	20	28	25	30	30
2	1800	300	10	300	14	320	19	330	25	340	32	350	40	357	46	3
3	600	100	18	330	15	350	12	10	9	25	7	35	5	30	3	20
4	300	50	20	0	22	20	25	5	30	355	36	350	44	345	50	340
5	900	150	28	10	25	5	22	0	19	350	15	340	12	345	10	355
6	1500	250	30	250	31	270	33	295	36	325	40	355	45	30	51	65
7	1200	200	5	50	7	45	9	40	12	25	15	10	19	350	24	325
8	1800	300	15	80	17	65	19	40	21	25	23	5	26	345	30	325
9	600	100	35	345	34	355	32	5	30	355	27	340	23	320	19	290
10	300	50	15	200	20	230	25	260	30	285	33	330	35	310	37	320
11	900	150	25	315	25	325	27	335	29	355	32	15	35	35	39	60
12	1500	250	5	335	7	345	9	355	12	10	15	25	18	45	22	65
13	1200	200	10	220	8	230	6	240	4	260	1	290	1	330	4	15
14	1800	300	10	290	13	305	17	325	23	335	31	345	40	355	51	5
15	600	100	17	175	16	165	15	150	13	130	10	105	7	75	3	35
16	300	50	2	340	3	355	5	5	7	15	10	35	14	55	18	75
17	900	150	45	50	55	55	65	60	75	65	85	70	90	75	90	80
18	1500	250	8	100	9	85	10	65	12	40	15	15	19	345	23	335
19	1200	200	5	160	5	170	6	190	8	210	10	235	13	260	17	290
20	1800	300	20	355	20	5	21	15	22	25	23	40	25	55	28	75

## Лабораторна робота №10

### РОЗРАХУНОК НЕОБХІДНОЇ КІЛЬКОСТІ МАТЕРІАЛІВ, ТИСКУ ДЛЯ ПРОДАВЛЮВАННЯ ЦЕМЕНТНОГО РОЗЧИНУ ТА ЧАС ЦЕМЕНТУВАННЯ СВЕРДЛОВИН.

#### Теоретичні відомості

Цементування свердловин – спосіб кріплення свердловин шляхом затрубного простору.

Об'єм цементного розчину, який необхідний для цементування свердловини визначається за формулою

$$V_{\text{цр}} = 0,785 * ((D_{\text{квн}}^2 - d_3^2) N_{\text{к}} + (D_{\text{с}}^2 - d_3^2) * k * N_{\text{с}} + d_{\text{в}} * h), \text{ м}^3$$

де  $D_{\text{квн}}$  – внутрішній діаметр кондуктора, мм;  $N_{\text{к}}$  – довжина кондуктора, м;  $D_{\text{с}}$  – діаметр свердловини, м;  $d_{\text{в}}$  – внутрішній діаметр обсадних труб, мм;  $k = 1,1 - 1,3$  – коефіцієнт, який враховує втрати цементного розчину через наявність каверн у свердловині;  $N_{\text{с}}$  – вихід колони, що цементується, з під башмака кондуктора;  $h = 5 - 10$  м – висота цементного стакана, м.

Необхідна кількість сухого цементу для приготування цементного розчину

$$Q_{\text{ц}} = k_0 \frac{\gamma_{\text{в}} \cdot \gamma_{\text{ц}}}{\gamma_{\text{в}} + m \cdot \gamma_{\text{ц}}} \cdot V_{\text{цр}}$$

де  $\gamma_{\text{ц}}$  - щільність сухого цементу ( $\gamma_{\text{ц}} = 3150$  кг/м<sup>3</sup>):  $\gamma_{\text{в}}$  - густина води, кг/м<sup>3</sup>;  $m$  – водоцементний фактор;  $k_0 = 1.1 - 1.15$  – коефіцієнт, який враховує втрати сухого цементу при приготування розчину.

Об'єм води для приготування цементного розчину

$$V_{\text{в}} = Q_{\text{ц}} * m$$

Для продавлювання цементного розчину необхідно закачувати продавлювальну рідину в об'ємі

$$V_{\text{пр}} = 0,785 k_{\text{р}} d_{\text{в}}^2 (L - h), \text{ м}^3$$

де  $L$  глибина свердловини;  $k_{\text{р}}$  – коефіцієнт, який враховує стиснення рідини, для глинистого розчину  $k_{\text{р}} = 1,05$

Тиск, необхідний для продавлювання цементного розчину

$$p = 0,01 (H - h) (\gamma_{\text{цр}} - \gamma_{\text{р}}) + 0,01 L + 0,8, \text{ МПа}$$

де  $H$  – довжина інтервалу цементування,  $\gamma_{цр}$  - густина цементного розчину,  $т/м^3$ ;  $\gamma_p$  – густина продавлювальної рідини  $т/м^3$

$$\gamma_{цр} = \frac{\gamma_b \cdot \gamma_{ц} \cdot (1+m)}{\gamma_b + m \cdot \gamma_{ц}}, \text{ T/M}^3$$

Час, який необхідний на цементування свердловин

$$t_{цем} = \frac{V_{цр} + V_{пр}}{Q_{ца}} + t_{доп}, \text{ XВ}$$

де  $t_{доп} = 10 - 15$  хв – час, який витрачається на допоміжні операції;  $Q_{ца}$  – продуктивність цементувального агрегату, продуктивність насоса  $м^3/хв$ .

### Порядок виконання роботи:

Mathcad - [15]

Файл Правка Вид Вставка Формат Инструменты Символьные операции Окно Справка

Normal Arial 10 B I U

Мой веб-узел Go

Вхідні данні:

$D_{квн} := 117\text{mm}$   $H_k := 50\text{m}$   $d_b := 79\text{mm}$   $D_c := 112\text{mm}$   $d_s := 89\text{mm}$   $k := 1.2$

$H_c := 250\text{m}$   $m1 := 0.5$   $k0 := 1.15$   $h := 8\text{m}$

$\gamma_{ц} := 3150 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$   $\gamma_b := 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$   $\gamma_p := 1200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

$k_p := 1.05$   $L_{ц} := 300\text{m}$   $H_{к0} := 300\text{m}$

Визначаємо об'єм цементного розчину

$$V_{цр} := 0.785 \cdot [(D_{квн}^2 - d_s^2) \cdot H_k + (D_c^2 - d_s^2) \cdot k \cdot H_c + d_b^2 \cdot h]$$

$V_{цр} = 1.354\text{m}^3$

Необхідна кількість сухого цементу для приготування цементного розчину

$$Q_{ц} := k0 \cdot \frac{\gamma_b \cdot \gamma_{ц}}{\gamma_b + m1 \cdot \gamma_{ц}} \cdot V_{цр}$$

$Q_{ц} = 1905.23\text{kg}$

Об'єм води для приготування цементного розчину

$V_b := Q_{ц} \cdot m1$

$V_b = 952.615\text{kg}$

Перерахуємо кг в м3

$$V_b = \frac{V_b}{\gamma_b}$$

$V_b = 0.953\text{m}^3$

Для продавлювання цементного розчину необхідно закачувати продавлювальну рідину в об'ємі

$$V_{пр} := 0.785 \cdot k_p \cdot d_b^2 \cdot (L - h)$$

$V_{пр} = 1.502\text{m}^3$

Вставка единицы измерения

Размерность Система СИ

Все активность время давление деньги

Единица измерения "жидкая" унция (fl oz) "водяная" лошадиная сила (hhp) 1000 дюймов (mil) Btu (при 15 °C) (BTU15) epsilon0 (ε.0) ISO Btu (IBTU)

Вставка: = := ≡ → ↔ f x x f x f y x f y

Нажмите F1, чтобы открыть справку. АВТО NUM Страни

Mathcad - [15]

Файл Правка Вид Вставка Формат Инструменты Символьные операции Окно Справка

Normal Arial 10 B I U

Мой веб-узел

Необхідна кількість сухого цементу для приготування цементного розчину

$$Q_{ц} = M \cdot \frac{\gamma_{в} \cdot \gamma_{ц}}{\gamma_{в} + m_1 \cdot \gamma_{ц}}$$

$Q_{ц} = 1905.23 \text{ kg}$

Об'єм води для приготування цементного розчину

$$V_{в} = Q_{ц} \cdot m_1$$

$V_{в} = 952.615 \text{ kg}$

Перерахуємо кг в м<sup>3</sup>

$$\frac{V_{в}}{1000} = \frac{V_{в}}{\gamma_{в}}$$

$V_{в} = 0.953 \text{ m}^3$

Для продавливання цементного розчину необхідно закачувати продавливальну рідину в об'єм

$$V_{пр} = 0.785 \cdot d_{пр}^2 \cdot (L - l)$$

$V_{пр} = 1.502 \text{ m}^3$

Густина цементного розчину

$$\gamma_{пр} = \frac{\gamma_{в} \cdot \gamma_{ц} \cdot (1 + m_1)}{\gamma_{в} + m_1 \cdot \gamma_{ц}}$$

$\gamma_{пр} = 1.835 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

Тиск, необхідний для продавливання цементного розчину

$$p = 0.01 \cdot (H - l) \cdot (\gamma_{пр} - \gamma_{р}) + 0.01 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot L + \left( 0.8 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right)$$

$p = 1.858 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$

Час, необхідний на цементування свердловин

$$t_{доп} = 1.5 \text{ min} \quad Q_{цв} = 0.32 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$$

$$t_{цв} = \frac{V_{пр} + V_{пр}}{Q_{цв}} + t_{доп}$$

$t_{цв} = 23.926 \text{ min}$

Нажмите F1, чтобы открыть справку.

Матрица

Калькулятор

sin cos tan ln log  
nl i |k| Γ °Γ  
e^x 1/x () x^2 x^x  
π 7 8 9 /  
+ 1 2 3 +  
= . 0 - =

Вычи...

Вставка единицы измерения

Размерность Система

Все СИ ОК

активность  
время  
давление  
деньги

Вставить Отмена

Единица измерения

Килограмм (кг)  
"водяная" лошадиная сила (л.с.)  
1000 дюймов (mil)  
Вт (при 15 °C) (BTU15)  
ерлонд (ε.0)  
ISO Btu (BTU)

## Варіанти завдань

Розрахувати необхідну кількість матеріалів, тиск для продавливання цементного розчину та час цементування свердловини з двома розділювальними пробками.

№	Дквн, мм	Нк, м	dз мм	dв, мм	Н, м	Дс, мм	Нс, м	m	γр, кг/м <sup>3</sup>	L, м	Qц.а, м <sup>3</sup> /хв
1	146	60	99	89	200	112	150	0,4	1000	300	0,32
2	127	35	89	79	250	110	200	0,45	1050	200	0,16
3	108	45	110	100	300	93	250	0,5	1150	250	0,12
4	136	20	95	85	150	85	100	0,55	1100	280	0,32
5	117	25	105	95	180	105	130	0,6	1250	300	0,16
6	115	35	100	90	200	132	150	0,4	1300	300	0,12
7	124	40	99	89	220	111	180	0,45	1100	200	0,32
8	138	55	89	79	280	125	230	0,5	1050	250	0,16
9	117	50	110	100	200	112	150	0,55	1000	280	0,12
10	112	65	95	85	250	110	200	0,6	1050	300	0,32
11	124	55	105	95	300	93	250	0,4	1150	200	0,16
12	138	30	100	90	150	85	100	0,45	1100	250	0,12
13	117	35	99	89	180	115	130	0,5	1250	280	0,32
14	112	40	89	79	200	132	150	0,55	1300	300	0,16
15	124	25	110	100	220	112	180	0,6	1100	300	0,12
16	146	60	95	85	280	110	230	0,4	1050	200	0,32
17	127	40	105	95	200	93	150	0,45	1000	250	0,16
18	108	45	100	90	250	85	200	0,5	1050	280	0,12
19	136	35	99	89	300	75	250	0,55	1150	300	0,32
20	117	60	89	79	150	132	100	0,6	1100	200	0,16

## Лабораторна робота № 11

### РОЗРАХУНКИ І ПОБУДОВА ПРОЕКЦІЙ ВИКРИВЛЕНИХ СВЕРДЛОВИН ЗАСОБАМИ ПРОГРАМИ EXCEL.

#### Теоретичні відомості

Microsoft Excel – це програма що призначена для організації даних у таблиці для документування й графічного подання інформації. Програма MS Excel застосовується при створенні комплексних документів у яких необхідно:

використовувати ті самі дані в різних робочих аркушах; змінити й відновлювати зв'язки.

Перевагою MS Excel є те, що програма допомагає оперувати більшими обсягами інформації. Робочі книги MS Excel надають можливість зберігання й організації даних, обчислення суми значень у комірках. MS Excel надає широкий спектр методів, що дозволяють зробити інформацію простою для сприйняття.

Електронні таблиці – це програма, що моделює на екрані монітора двовимірну таблицю, яка складається з рядків і стовпців.

Табличний процесор MS Excel (електронні таблиці) - одне з найбільше часто використовуваних додатків пакета MS Office, наймогутніший інструмент у вмілих руках, що значно спрощує рутинну повсякденну роботу. Основне призначення MS Excel - розв'язок практично будь-яких завдань розрахункового характеру, вхідні дані яких можна представити у вигляді таблиць.

Особливість електронних таблиць полягає в можливості застосування формул для опису зв'язку між значеннями різних комірок. Розрахунки по заданих формулах виконується автоматично. Зміна вмісту якої-небудь комірки приводить до перерахування значень усіх комірок, які з нею зв'язані формульними відносинами й, тим самим, до відновлення всієї таблиці відповідно до даних, що змінилися.

#### *Основні можливості електронних таблиць:*

проведення однотипних складних розрахунків над більшими наборами даних;

автоматизація підсумкових обчислень;

розв'язок завдань шляхом добору значень параметрів;

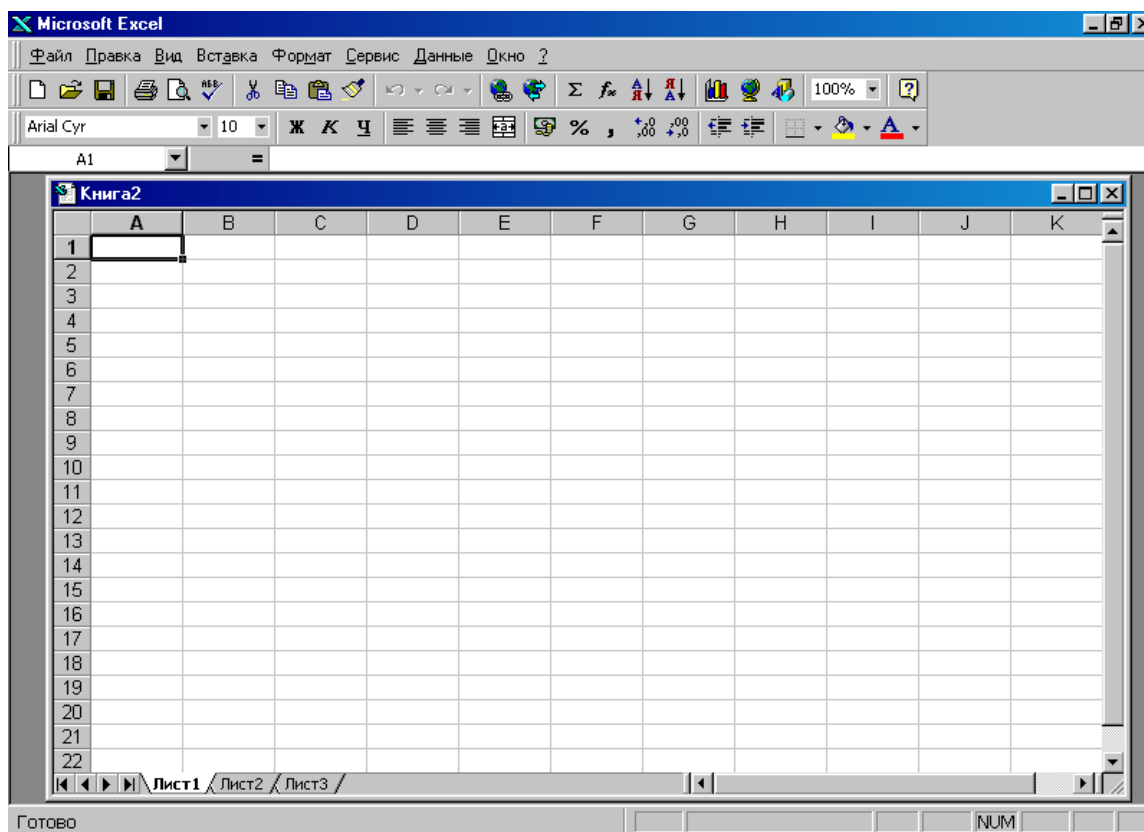
обробка (статистичний аналіз) результатів експериментів;

проведення пошуку оптимальних значень параметрів (розв'язок оптимізаційних завдань);

підготовка табличних документів;

побудова діаграм (у тому числі й зведених) за наявними даними;

створення й аналіз баз даних (списків).



Робочий лист являє собою сукупність рядків і стовпців, які в свою чергу складаються із чарунок(комірок). Чарунка-це мінімальний елемент електронної таблиці, який має адрес, який складається з імені стовпця та імені рядка, на перетині яких вона розміщена. Наприклад:A1,C6,і т. д. Максимальне число рядків-65536,а стовпців-256.Якщо потрібно змінити нумерацію елементів , треба



ввійти меню **Сервіс/Параметри/Загальні** і на панелі Стиль виносів змінити положення переключателя з “A1” на”R1C1” (Row1 Column1). Після цього адреса чарунок будуть записуватись як 11,12.13 і.т.д. В комірках може зберігатися інформація різного роду . Це може бути текст, або числа. Щоб виконати дії над чарункою, потрібно спочатку її виділити, тобто клацнути лівою клавішею миші по чарунці. Чарунка буде виділена жирною лінією, а в правому нижньому кутку рамки буде маленький квадратик-*маркер заповнення*. Чарунка, яка обведена жирною лінією називається *активною*. Активна чарунка готова до вводу даних.

### Порядок виконання роботи:

#### 1. Вхідні дані:

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data:

Вхідні дані		Результати замірів на глибині L													
L <sub>св</sub> , м	Δl, м	ти закладан		L <sub>1</sub>		L <sub>2</sub>		L <sub>3</sub>		L <sub>4</sub>		L <sub>5</sub>		L <sub>6</sub>	
		θ <sub>0</sub>	α <sub>0</sub>	θ	α	θ	α	θ	α	θ	α	θ	α	θ	α
1200	200	15	200	20	230	25	260	30	285	33	300	35	310	37	320

#### Формули розрахунку:

$$\Delta x_i = B12 * \sin(\text{РАДИАНЫ}(F12)) * \cos(\text{РАДИАНЫ}(G12))$$

$$\Delta y_i = B12 * \sin(\text{РАДИАНЫ}(F12)) * \sin(\text{РАДИАНЫ}(G12))$$

$$\Delta z_i = B12 * \cos(\text{РАДИАНЫ}(F12))$$

$$x_i = K11 + H12$$

$$y_i = L11 + I12$$

$$z_i = M11 - J12$$

**Left Screenshot Data:**

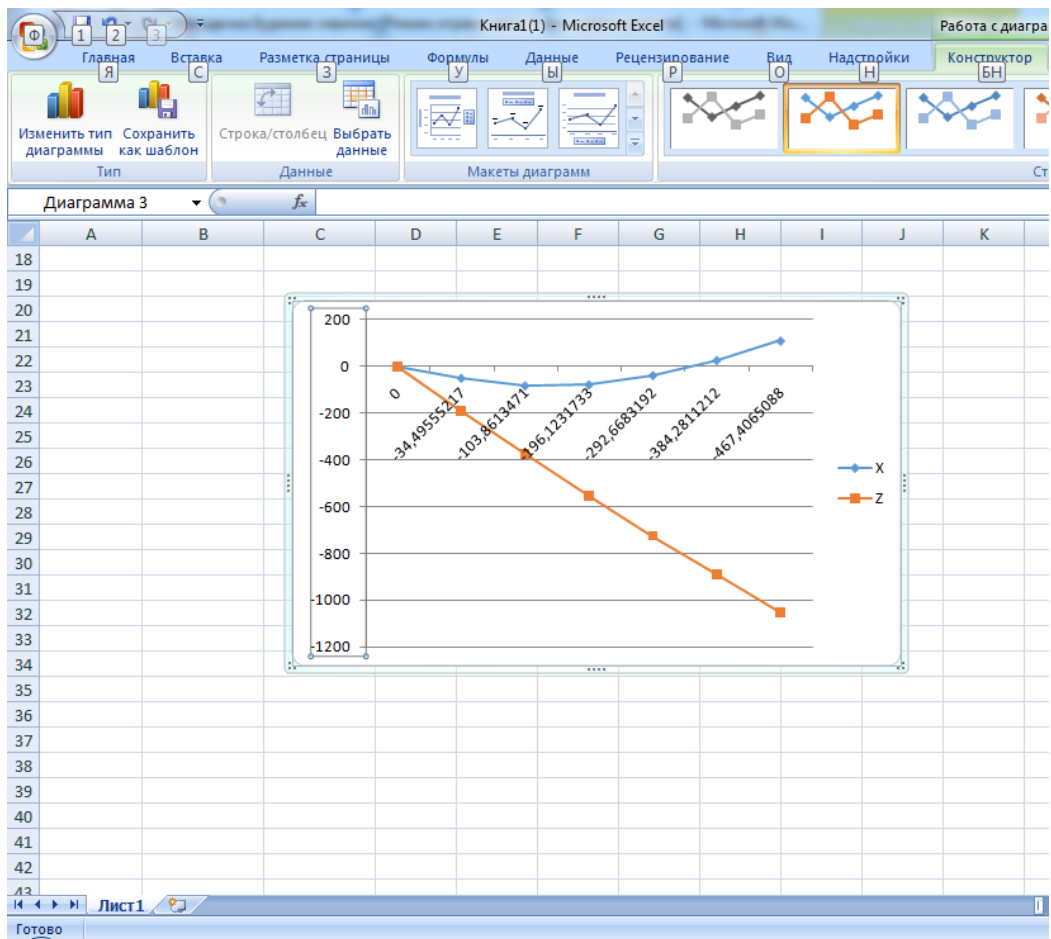
Row	A	B	C	D
4			$\theta_0$	$\alpha_0$
5	1200	200	15	200
8	<b>Розрахунки</b>			
9	Точка заміру	Відстань між точками заміру, м	Глибина свердловини, м	Результат заміру, град $\theta_i$
10	0	0	0	15
11	1	200	200	20
12	2		$=A13*B13$	
13	3	200	600	30
14	4	200	800	33
15	5	200	1000	35
16	6	200	1200	37

**Right Screenshot Data:**

Row	A	B	C	D	E	F	G
4			$\theta_0$	$\alpha_0$	$\theta$	$\alpha$	$\theta$
5	1200	200	15	200	20	230	25
8	<b>Розрахунки</b>						
9	Точка заміру	Відстань між точками заміру, м	Глибина свердловини, м	Результати заміру, град		Середні значення на ді-	
10				$\theta_i$	$\alpha_i$	$\theta_{ср}$	$\alpha_{ср}$
11	0	0	0	15	200		
12	1	200	200	20	230	17,5	215
13	2	200	400	25	$=(D12+D13)/2$		
14	3	200	600	30	285	27,5	272,5
15	4	200	800	33	300	31,5	292,5
16	5	200	1000	35	310	34	305
17	6	200	1200	37	320	36	315

**Excel Spreadsheet Data:**

Row	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
4			$\theta_0$	$\alpha_0$	$\theta$	$\alpha$	$\theta$	$\alpha$	$\theta$	$\alpha$	$\theta$	$\alpha$	$\theta$	$\alpha$	$\theta$	$\alpha$
5	1200	200	15	200	20	230	25	260	30	285	33	300	35	310	37	320
8	<b>Розрахунки</b>															
9	Точка заміру	Відстань між точками заміру, м	Глибина свердловини, м	Результати заміру, град		Середні значення на ді-		Приріст координат, м			Розрахункові значення координат, м					
10				$\theta_i$	$\alpha_i$	$\theta_{ср}$	$\alpha_{ср}$	$\Delta x_i$	$\Delta y_i$	$\Delta z_i$	$x_i$	$y_i$	$z_i$			
11	0	0	0	15	200			0	0	0	0	0	0			
12	1	200	200	20	230	17,5	215	-49,3	-34,5	190,7	-49,3	-34,5	-191			
13	2	200	400	25	$=B13*\text{SIN}(\text{РАДИАНЫ}(F13))*\text{COS}(\text{РАДИАНЫ}(G13))$						-104	-376				
14	3	200	600	30	285	27,5	272,5	4,028	-92,3	177,4	-77,6	-196	-553			
15	4	200	800	33	300	31,5	292,5	39,99	-96,5	170,5	-37,6	-293	-723			
16	5	200	1000	35	310	34	305	64,15	-91,6	165,8	26,56	-384	-889			
17	6	200	1200	37	320	36	315	83,13	-83,1	161,8	109,7	-467	-1051			



Варіанти завдань: Лабораторна робота № 9

## Лабораторна робота №12

### АНАЛІЗ СОБІВАРТОСТІ БУДІВНИЦТВА СВЕРДЛОВИНИ ЗАСОБАМИ ПРОГРАМИ EXCEL.

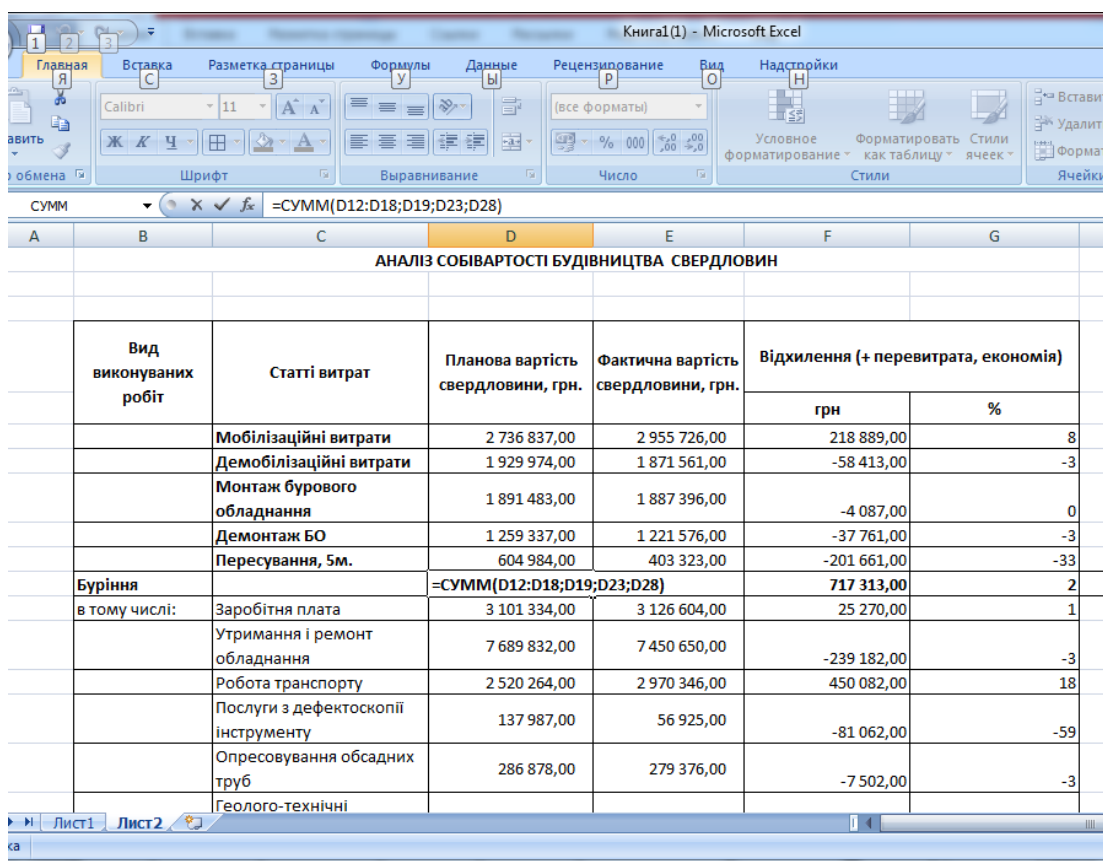
#### Теоретичні відомості

Аналіз витрат на будівництво свердловин починається із загальної оцінки шляхом зіставлення фактичних витрат виконаного обсягу робіт за кошторисною вартістю та планової величиною.

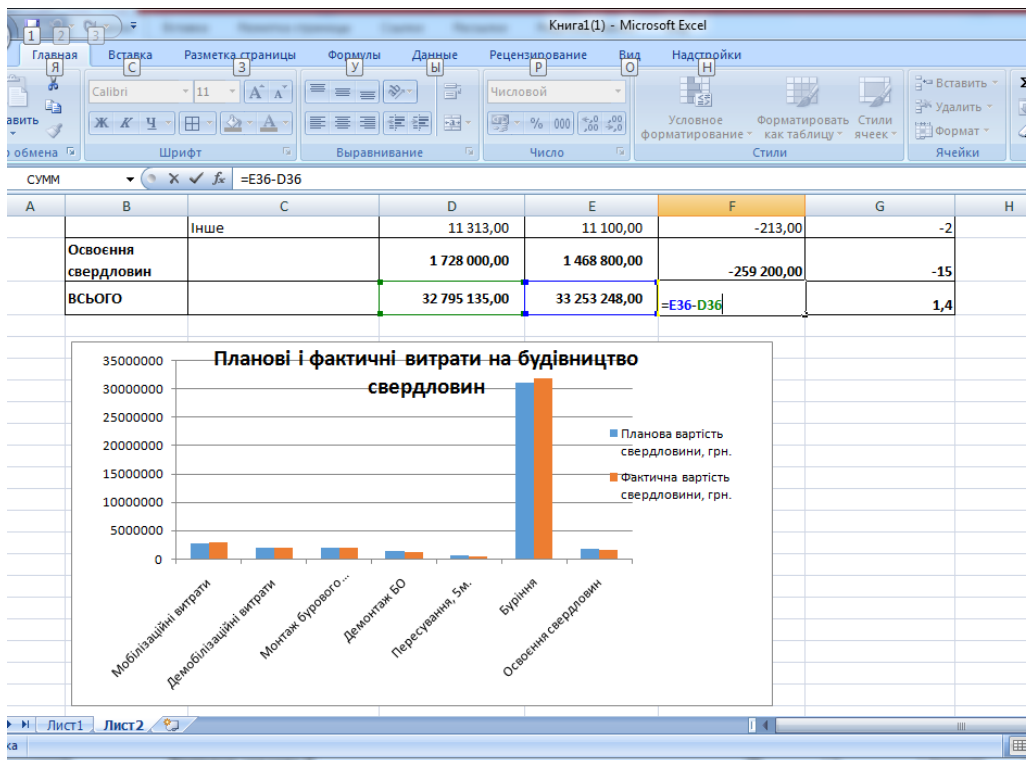
Для проведення детального аналізу собівартості будівництва свердловини з метою виявлення резервів її зниження необхідно розглянути структуру собівартості всього циклу будівництва свердловини і безпосередньо буріння стовбура свердловини.

Структура собівартості це питома вага окремих статей витрат у загальних витратах на роботи, що дозволяють виділити основні напрямки витрат і обґрунтувати резерви їх зниження.

#### Порядок виконання роботи:



Вид виконуваних робіт	Статті витрат	Планова вартість свердловини, грн.	Фактична вартість свердловини, грн.	Відхилення (+ перевитрата, економія)	
				грн	%
	Мобілізаційні витрати	2 736 837,00	2 955 726,00	218 889,00	8
	Демобілізаційні витрати	1 929 974,00	1 871 561,00	-58 413,00	-3
	Монтаж бурового обладнання	1 891 483,00	1 887 396,00	-4 087,00	0
	Демонтаж БО	1 259 337,00	1 221 576,00	-37 761,00	-3
	Пересування, 5м.	604 984,00	403 323,00	-201 661,00	-33
<b>Буріння</b>		<b>=СУММ(D12:D18;D19;D23;D28)</b>		<b>717 313,00</b>	<b>2</b>
в тому числі:	Заробітна плата	3 101 334,00	3 126 604,00	25 270,00	1
	Утримання і ремонт обладнання	7 689 832,00	7 450 650,00	-239 182,00	-3
	Робота транспорту	2 520 264,00	2 970 346,00	450 082,00	18
	Послуги з дефектоскопії інструменту	137 987,00	56 925,00	-81 062,00	-59
	Опресовування обсадних труб	286 878,00	279 376,00	-7 502,00	-3
	Геолого-технічні				



### Варіанти завдань:

За допомогою функцій Excel розрахувати відхилення (грн., %) Знайти суми, та на основі даних побудувати діаграму планових і фактичних витрат свердловин.

Вид виконуваних робіт	Статті витрат	Планова вартість свердловини, грн.	Фактична вартість свердловини, грн.	Відхилення (+ перевитрата, економія)	
				грн	%
	<b>Мобілізаційні витрати</b>	2 736 837,00	2 955 726,00		
	<b>Демобілізаційні витрати</b>	1 929 974,00	1 871 561,00		
	<b>Монтаж бурового обладнання</b>	1 891 483,00	1 887 396,00		
	<b>Демонтаж БО</b>	1 259 337,00	1 221 576,00		
	<b>Пересування, 5м.</b>	604 984,00	403 323,00		
<b>Буріння:</b>		<b>?</b>	<b>?</b>		
в тому числі:	Заробітна плата	3 101 334,00	3 126 604,00		
	Утримання і ремонт обладнання	7 689 832,00	7 450 650,00		

	Робота транспорту	2 520 264,00	2 970 346,00		
	Послуги з дефектоскопії інструменту	137 987,00	56 925,00		
	Опресовування обсадних труб	286 878,00	279 376,00		
	Геолого-технічні дослідження	223 668,00	274 698,00		
	Енергетичні витрати	698 674,00	701 359,00		
	<b>МАТЕРІАЛИ:</b>	?	?		
	Допоміжні матеріали	160 084,00	129 846,00		
	ГСМ	2 558 105,00	3 011 077,00		
	Цемент і матеріали для цементажу	844 847,00	878 211,00		
	<b>СЕРВІСИ</b>	?	?		
	Гампонажний	3 508 742,00	3 480 699,00		
	Розчинний	2 600 653,00	2 620 943,00		
	Телеметрія	3 498 525,00	3 648 928,00		
	Долотний	1 240 296,00	1 198 639,00		
	<b>ІНШЕ</b>	?	?		
	Страхування	83 310,00	83 310,00		
	Екологічні витрати	140 524,00	137 652,00		
	Доставка вахт	1 229 911,00	1 207 555,00		
	Витрати на зв'язок	72 677,00	68 331,00		
	Соц. пакет (харчування)	459 511,00	448 199,00		
	Інше	11 313,00	11 100,00		
<b>Освоєння свердловин</b>		<b>1 728 000,00</b>	<b>1 468 800,00</b>		
<b>ВСЬОГО</b>					

## Рекомендовані джерела інформації

1. Кундрат А.М., Кундрат М.М. Науково-технічні обчислення засобами MathCAD та MS Excel. Навч. посібник. – Рівне: НУВГП, 2014. – 252 с.
2. Алгоритмізація, програмування, числові та символічні обчислення в пакеті MathCAD: навчальний посібник / Я. С. Паранчук, А. В. Маляр, Р. Я. Паранчук, І. Р. Головач. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2008. – 164 с.
3. Інформаційні технології: Системи комп'ютерної математики [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»/ І. В. Кравченко, В. І. Микитенко; КПІ ім. Ігоря Сікорського . –Електронні текстові дані (1 файл: 5,57Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 243с.
4. Чисельні методи розв'язання диференціальних рівнянь засобами MathCAD : навчальний посібник / І. В. Богач, О.Ю. Краковецький, Л. В. Крилик. – Вінниця : ВНТУ, 2020. – 106 с.
5. Нелюбов В. О., Куруца О. С. Основи інформатики. Microsoft Excel 2016: навчальний посібник. Ужгород: ДВНЗ «УжНУ», 2018. – 58 с.: іл. : [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.uzhnu.edu.ua/uk/infocentre/get/15617>
6. Войтюшенко Н. М. Інформатика і комп'ютерна техніка : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / Н. М. Войтюшенко, А. І. Остапець. – 2-ге вид. – К. : Центр учбової літератури, 2009. – 564.
7. Кучерява Т. О. Інформатика та комп'ютерна техніка: активізація навчання : практикум для індивід. роботи / Т. О. Кучерява, М. В. Сільченко, І.В. Шабаліна. – 2-ге вид., без змін. – К. : КНЕУ, 2008.– 448 с.
8. Макарова М. В. Інформатика та комп'ютерна техніка : навч. посіб. / М.В. Макарова, Г. В. Карнаухова, С. В. Запара. – Суми : Університетська книга, 2008. – 665 с
9. Основи інформаційних технологій: навч. посіб. [для студентів ВНЗ, які хочуть підвищити свої знання в галузі інформ. технологій згідно із стандартом European Computer Driving Licence] / Т. М. Басюк, Н. О. Думанський, О. В. Пасічник ; за наук. ред. В. В. Пасічника ; М-во освіти і науки України. — [Нове вид.]. – Львів: Новий Світ-2000, 2011. – 390 с.: іл. – (Серія «Комп'ютинг»). – Бібліогр.: с. 387—389 (43 назви). – ISBN 978-966-418-121-8

**Коровяка Євгеній Анатолійович**

**Яворська Вікторія Вікторівна**

**КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ В БУРІННІ**

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ**

студентами спеціальності 185 Нафтогазова інженерія та технології

(184 Гірництво)

В редакції автора

Підготовлено до виходу в світ

у Національному технічному університеті

«Дніпровська політехніка».

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру ДК № 1842

49005, м. Дніпро, просп. Д. Яворницького, 19