МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ «КПІ»

Кафедра інформаційних систем та технологій

Звіт

з лабораторної роботи № 3

«Розв’язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь (СЛАР) ітераційними методами. Метод простої ітерації. Метод Зейделя»

з дисципліни

«Спеціальні розділи математики-2. Чисельні методи»

Варіант № 23

Перевірила:

доц. Рибачук Людмила Віталіївна

Виконала: Павлова Софія

Студентка гр. ІС-12 , ФІОТ

1 курс,

залікова книжка № ІС-1224

Київ 2022

ВСТУП

Тема: Розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь (СЛАР) ітераційними методами. Метод простої ітерації. Метод Зейделя**.**

Мета: Розв'язати за допомогою Mathcad СЛАР, перевірити розрахунки програмно та розрахувати середньоквадратичну похибку.

Обладнання: Персональні комп'ютери.

ХІД РОБОТИ

Завдання 1:

Якщо матриця не є матрицею із діагональною перевагою, звести систему до еквівалентної, у якій є діагональна перевага (виконати письмово, включити в звіт). Можна, наприклад, провести одну ітерацію метода Гауса, зкомбінувавши рядки з метою отримати нульовий недіагональний елемент у стовпчику.

Розробити програму, що реалізує розв'язання системи за ітераційним методом, який відповідає заданому варіанту. Обчислення проводити з кількістю значущих цифр $m = 6$. Для кожної ітерації розраховувати нев'язку $\boldsymbol{r} = \boldsymbol{b} - \boldsymbol{Ax}$, де x – отриманий розв'язок.

Розв'язати задану систему рівнянь за допомогою програмного забезпечення Mathcad.

Навести результат перевірки: вектор нев'язки $\boldsymbol{r} = \boldsymbol{b} - \boldsymbol{Axm}$, де xm – отриманий у Mathcad розв'язок.

Порівняти корені рівнянь, отримані у Mathcad, із власними результатами за допомогою методу середньоквадратичної похибки.

$$\delta = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n}(x_k - x_{mk})^2} \ ,$$

<u>*Варіант 23:*</u>

22-25	$\begin{pmatrix} 8{,}30 & 2{,}62+\alpha & 4{,}10 & 1{,}90 \\ 3{,}92 & 8{,}45 & 8{,}78-\alpha & 2{,}46 \\ 3{,}77 & 7{,}21+\alpha & 8{,}04 & 2{,}28 \\ 2{,}21 & 3{,}65-\alpha & 1{,}69 & 6{,}99 \end{pmatrix}$ $\alpha = 0{,}2k, k = №вар - 22$	$\begin{pmatrix} -10{,}65+\beta \\ 12{,}21 \\ 15{,}45-\beta \\ -8{,}35 \end{pmatrix}$ $\beta = 0{,}2k, k = №вар - 22$

<u>Скріни з Mathcad:</u>

Лабораторна робота №3
Варіант №23
Виконала: Павлова Софія, ІС-12

1. Позначимо матрицю системи А:

$k := 1 \qquad a := 0.2$

$$A := \begin{bmatrix} 8.30 & 2.62+a & 4.10 & 1.90 \\ 3.92 & 8.45 & 8.78-a & 2.46 \\ 3.77 & 7.21+a & 8.04 & 2.28 \\ 2.21 & 3.65-a & 1.69 & 6.99 \end{bmatrix} \qquad A = \begin{bmatrix} 8.3 & 2.82 & 4.1 & 1.9 \\ 3.92 & 8.45 & 8.58 & 2.46 \\ 3.77 & 7.41 & 8.04 & 2.28 \\ 2.21 & 3.45 & 1.69 & 6.99 \end{bmatrix}$$

2. Позначимо вектор правої частини В:

$$B := \begin{bmatrix} -10.65+a \\ 12.21 \\ 15.45-a \\ -8.35 \end{bmatrix} \qquad B = \begin{bmatrix} -10.45 \\ 12.21 \\ 15.25 \\ -8.35 \end{bmatrix}$$

3. Перевіримо матрицю А на домінантність головної діагоналі:

$A\_sumRow1 := A_{0,1} + A_{0,2} + A_{0,3} = 8.82 \qquad A_{0,0} = 8.3 \qquad A_{0,0} > A\_sumRow1 = 0$

$A\_sumRow2 := A_{1,0} + A_{1,2} + A_{1,3} = 14.96 \qquad A_{1,1} = 8.45 \qquad A_{1,1} > A\_sumRow2 = 0$

$A\_sumRow3 := A_{2,0} + A_{2,1} + A_{2,3} = 13.46 \qquad A_{2,2} = 8.04 \qquad A_{2,2} > A\_sumRow3 = 0$

$A\_sumRow4 := A_{3,0} + A_{3,1} + A_{3,2} = 7.35 \qquad A_{3,3} = 6.99 \qquad A_{3,3} > A\_sumRow4 = 0$

Отже, матриця А не має домінантної головної діагоналі.

4. Зведемо матрицю А до еквівалентної з домінантною головною діагоналлю:

$A1 := A^{\widehat{0}} = \begin{bmatrix} 8.3 & 2.82 & 4.1 & 1.9 \end{bmatrix} \qquad B1 := B_0 = -10.45$

$A2 := A^{\widehat{1}} = \begin{bmatrix} 3.92 & 8.45 & 8.58 & 2.46 \end{bmatrix} \qquad B2 := B_1 = 12.21$

$A3 := A^{\widehat{2}} = \begin{bmatrix} 3.77 & 7.41 & 8.04 & 2.28 \end{bmatrix} \qquad B3 := B_2 = 15.25$

$A4 := A^{\widehat{3}} = \begin{bmatrix} 2.21 & 3.45 & 1.69 & 6.99 \end{bmatrix} \qquad B4 := B_3 = -8.35$

Виконаємо наступні елементарні перетворення з рядками матриці А, щоб у результаті отримати матрицю з домінантною головною діагоналлю:

Для першого рядку:

$mod\_A1 := A1 - A2 + A3 = \begin{bmatrix} 8.15 & 1.78 & 3.56 & 1.72 \end{bmatrix}$ $mod\_B1 := B1 - B2 + B3 = -7.41$

Для другого рядку:

$mod\_A2 := A2 - A3 = \begin{bmatrix} 0.15 & 1.04 & 0.54 & 0.18 \end{bmatrix}$ $mod\_B2 := B2 - B3 = -3.04$

Для третього рядку:

$mod\_A3 := 8 \cdot A3 - 7 \cdot A2 = \begin{bmatrix} 2.72 & 0.13 & 4.26 & 1.02 \end{bmatrix}$ $mod\_B3 := 8 \cdot B3 - 7 \cdot B2 = 36.53$

Для четвертого рядку:

$mod\_A4 := 2 \cdot A4 - A3 = \begin{bmatrix} 0.65 & -0.51 & -4.66 & 11.7 \end{bmatrix}$ $mod\_B4 := 2 \cdot B4 - B3 = -31.95$

Отримаємо еквівалентну матрицю:

$$eq\_A := \begin{bmatrix} 8.15 & 1.78 & 3.56 & 1.72 \\ 0.15 & 1.04 & 0.54 & 0.18 \\ 2.72 & 0.13 & 4.26 & 1.02 \\ 0.65 & -0.51 & -4.66 & 11.7 \end{bmatrix} \qquad eq\_B := \begin{bmatrix} -7.41 \\ -3.04 \\ 36.53 \\ -31.95 \end{bmatrix}$$

5. Перевіримо матрицю eq_A на домінантність головної діагоналі:

$eq\_A\_sumRow1 := eq\_A_{0,1} + eq\_A_{0,2} + eq\_A_{0,3} = 7.06$ $eq\_A_{0,0} = 8.15$

$eq\_A\_sumRow2 := eq\_A_{1,0} + eq\_A_{1,2} + eq\_A_{1,3} = 0.87$ $eq\_A_{1,1} = 1.04$

$eq\_A\_sumRow3 := eq\_A_{2,0} + eq\_A_{2,1} + eq\_A_{2,3} = 3.87$ $eq\_A_{2,2} = 4.26$

$eq\_A\_sumRow4 := eq\_A_{3,0} + eq\_A_{3,1} + eq\_A_{3,2} = -4.52$ $eq\_A_{3,3} = 11.7$

$eq\_A_{0,0} > eq\_A\_sumRow1 = 1$

$eq\_A_{1,1} > eq\_A\_sumRow2 = 1$

$eq\_A_{2,2} > eq\_A\_sumRow3 = 1$

$eq\_A_{3,3} > eq\_A\_sumRow4 = 1$

Отже, матриця eq_A має домінантну головну діагональ.

6. Задамо початкові дані, необхідні для виконання першої ітерації:

$X1 := 0 \quad X2 := 0 \quad X3 := 0 \quad X4 := 0$

$x1 := 0 \quad x2 := 0 \quad x3 := 0 \quad x4 := 0$

Задамо точність обрахунків:

$e := 10^{-6}$

Задамо формулу Зейделя:

$$Zeydel(K1, K2, K3, K4, e, M, w) := \left\| \begin{array}{l} \text{while } e < M \\ \quad \left\| \begin{array}{l} k1 \leftarrow K1 \\ k2 \leftarrow K2 \\ k3 \leftarrow K3 \\ k4 \leftarrow K4 \\ K1 \leftarrow \dfrac{(-7.41 - 1.78 \cdot K2 - 3.56 \cdot K3 - 1.72 \cdot K4)}{8.15} \\ K2 \leftarrow \dfrac{(-3.04 - 0.15 \cdot K1 - 0.54 \cdot K3 - 0.18 \cdot K4)}{1.04} \\ K3 \leftarrow \dfrac{(36.53 - 2.72 \cdot K1 - 0.13 \cdot K2 - 1.02 \cdot K4)}{4.26} \\ K4 \leftarrow \dfrac{(-31.95 - 0.65 \cdot K1 + 0.51 \cdot K2 + 4.66 \cdot K3)}{11.7} \\ m \leftarrow \begin{bmatrix} \mathrm{abs}(k1 - K1) \\ \mathrm{abs}(k2 - K2) \\ \mathrm{abs}(k3 - K3) \\ \mathrm{abs}(k4 - K4) \end{bmatrix} \\ M \leftarrow \max(m) \\ w \leftarrow w + 1 \end{array} \right. \\ \begin{bmatrix} K1 \\ K2 \\ K3 \\ K4 \\ M \\ w \end{bmatrix} \end{array} \right.$$

7. Виконаємо першу ітерацію:

$$x1 := X1 \qquad X1 := \frac{(-7.41 - 1.78 \cdot X2 - 3.56 \cdot X3 - 1.72 \cdot X4)}{8.15}$$

$$x2 := X2 \qquad X2 := \frac{(-3.04 - 0.15 \cdot X1 - 0.54 \cdot X3 - 0.18 \cdot X4)}{1.04}$$

$$x3 := X3 \qquad X3 := \frac{(36.53 - 2.72 \cdot X1 - 0.13 \cdot X2 - 1.02 \cdot X4)}{4.26}$$

$$x4 := X4 \qquad X4 := \frac{(-31.95 - 0.65 \cdot X1 + 0.51 \cdot X2 + 4.66 \cdot X3)}{11.7}$$

Знайдемо різницю 1 та 0 ітерацій:

$$d := \begin{bmatrix} \mathrm{abs}(x1 - X1) \\ \mathrm{abs}(x2 - X2) \\ \mathrm{abs}(x3 - X3) \\ \mathrm{abs}(x4 - X4) \end{bmatrix} \qquad D := \max(d) \qquad X := \begin{bmatrix} X1 \\ X2 \\ X3 \\ X4 \end{bmatrix} \qquad x := \begin{bmatrix} x1 \\ x2 \\ x3 \\ x4 \end{bmatrix}$$

Результати першої ітерації:

$$x = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \qquad X = \begin{bmatrix} -0.909 \\ -2.792 \\ 9.241 \\ 0.879 \end{bmatrix} \qquad d = \begin{bmatrix} 0.909 \\ 2.792 \\ 9.241 \\ 0.879 \end{bmatrix} \qquad D = 9.241 \qquad e \geq D = 0$$

Знайдемо вектор нев'язки для першої ітерації:

$$Rm1 := eq\_B - eq\_A \cdot X = \begin{bmatrix} -29.439 \\ -5.148 \\ -0.896 \\ -3.553 \cdot 10^{-15} \end{bmatrix}$$

8. Застосуємо формулу Зейделя для наступних ітерацій:

$$Zeydel(X1, X2, X3, X4, e, D, 1) = \begin{bmatrix} -4.305 \\ -8.393 \\ 11.196 \\ 1.602 \\ 2.489 \cdot 10^{-7} \\ 15 \end{bmatrix}$$

8. Переконаймось, що обрана точність досягнута:

$$2.489 \cdot 10^{-7} < e = 1$$

9. Запишемо розв'язок системи:

$$X := \begin{bmatrix} -4.305 + -10^{-6} \\ -8.393 + -10^{-6} \\ 11.196 + -10^{-6} \\ 1.602 + -10^{-6} \end{bmatrix}$$

10. Знайдемо вектор нев'язки кожної ітерації Rm:

Так, як за формулою Зейделя ми отримали лише кінцеве значення X, то створимо формулу, що буде шукати одразу вектор нев'язки на конкретній ітерації:

$$Nevyazka(K1, K2, K3, K4, n) := \left\| \begin{array}{l} \text{for } i \in 0..n-1 \\ \quad \left\| \begin{array}{l} K1 \leftarrow \dfrac{(-7.41 - 1.78 \cdot K2 - 3.56 \cdot K3 - 1.72 \cdot K4)}{8.15} \\ K2 \leftarrow \dfrac{(-3.04 - 0.15 \cdot K1 - 0.54 \cdot K3 - 0.18 \cdot K4)}{1.04} \\ K3 \leftarrow \dfrac{(36.53 - 2.72 \cdot K1 - 0.13 \cdot K2 - 1.02 \cdot K4)}{4.26} \\ K4 \leftarrow \dfrac{(-31.95 - 0.65 \cdot K1 + 0.51 \cdot K2 + 4.66 \cdot K3)}{11.7} \\ K \leftarrow \begin{bmatrix} K1 \\ K2 \\ K3 \\ K4 \end{bmatrix} \\ Rm \leftarrow eq\_B - eq\_A \cdot K \end{array} \right. \\ Rm \end{array} \right.$$

$$Rm2 := Nevyazka(X1, X2, X3, X4, 1) = \begin{bmatrix} -1.6 \\ -1.366 \\ -0.914 \\ 3.553 \cdot 10^{-15} \end{bmatrix}$$

$$Rm3 := Nevyazka(X1, X2, X3, X4, 2) = \begin{bmatrix} 2.578 \\ 0.039 \\ 0.066 \\ 3.553 \cdot 10^{-15} \end{bmatrix}$$

$$Rm4 := Nevyazka(X1, X2, X3, X4, 3) = \begin{bmatrix} 0.836 \\ 0.117 \\ 0.094 \\ -3.553 \cdot 10^{-15} \end{bmatrix}$$

$$Rm5 := Nevyazka(X1, X2, X3, X4, 4) = \begin{bmatrix} 0.026 \\ 0.029 \\ 0.02 \\ 3.553 \cdot 10^{-15} \end{bmatrix}$$

$$Rm6 := Nevyazka(X1, X2, X3, X4, 5) = \begin{bmatrix} -0.058 \\ -0.001 \\ -0.002 \\ 3.553 \cdot 10^{-15} \end{bmatrix}$$

$$Rm7 := Nevyazka(X1, X2, X3, X4, 6) = \begin{bmatrix} -0.018 \\ -0.003 \\ -0.002 \\ -3.553 \cdot 10^{-15} \end{bmatrix}$$

$$Rm8 := Nevyazka(X1, X2, X3, X4, 7) = \begin{bmatrix} -2.608 \cdot 10^{-4} \\ -5.976 \cdot 10^{-4} \\ -4.198 \cdot 10^{-4} \\ -3.553 \cdot 10^{-15} \end{bmatrix}$$

$$Rm9 := Nevyazka(X1, X2, X3, X4, 8) = \begin{bmatrix} 0.001 \\ 4.13 \cdot 10^{-5} \\ 4.82 \cdot 10^{-5} \\ -3.553 \cdot 10^{-15} \end{bmatrix}$$

$$Rm10 := Nevyazka(X1, X2, X3, X4, 9) = \begin{bmatrix} 3.753 \cdot 10^{-4} \\ 5.774 \cdot 10^{-5} \\ 4.576 \cdot 10^{-5} \\ 3.553 \cdot 10^{-15} \end{bmatrix}$$

$$Rm11 := Nevyazka(X1, X2, X3, X4, 10) = \begin{bmatrix} -7.409 \cdot 10^{-7} \\ 1.24 \cdot 10^{-5} \\ 8.622 \cdot 10^{-6} \\ 3.553 \cdot 10^{-15} \end{bmatrix}$$

$$Rm12 := Nevyazka(X1, X2, X3, X4, 11) = \begin{bmatrix} -2.944 \cdot 10^{-5} \\ -1.145 \cdot 10^{-6} \\ -1.234 \cdot 10^{-6} \\ -3.553 \cdot 10^{-15} \end{bmatrix}$$

$$Rm13 := Nevyazka(X1, X2, X3, X4, 12) = \begin{bmatrix} -7.908 \cdot 10^{-6} \\ -1.276 \cdot 10^{-6} \\ -1.006 \cdot 10^{-6} \\ -3.553 \cdot 10^{-15} \end{bmatrix}$$

$$Rm14 := Nevyazka(X1, X2, X3, X4, 13) = \begin{bmatrix} 1.556 \cdot 10^{-7} \\ -2.56 \cdot 10^{-7} \\ -1.759 \cdot 10^{-7} \\ -3.553 \cdot 10^{-15} \end{bmatrix}$$

$$Rm15 := Nevyazka(X1, X2, X3, X4, 14) = \begin{bmatrix} 6.583 \cdot 10^{-7} \\ 3.021 \cdot 10^{-8} \\ 3.079 \cdot 10^{-8} \\ -3.553 \cdot 10^{-15} \end{bmatrix}$$

Рис. 1. Результат виконання завдання 1 у Mathcad

Код:

```
#define _CRT_SECURE_NO_WARNINGS
#include <iostream>
#include <windows.h>
#include <cmath>
using namespace std;

#define ICHAR 80  // Довжина рядку опису системи

// Умова завершення
bool converge(double xk[10], double xkp[10], int n, double eps)
{
	double norm = 0;

	for (int i = 0; i < n; i++)
		norm += (xk[i] - xkp[i]) * (xk[i] - xkp[i]);
	return (sqrt(norm) < eps);
}

double okr(double x, double eps)
{
	int i = 0;
	double neweps = eps;

	while (neweps < 1)
	{
		i++;
		neweps *= 10;
	}
	int okr = pow(double(10), i);
	x = int(x * okr + 0.5) / double(okr);
	return x;
}

// Перевірка діагональної переваги
bool diagonal(double a[10][10], int n)
{
	int i, j, k = 1;
	double sum;

	for (i = 0; i < n; i++)
	{
		sum = 0;
		for (j = 0; j < n; j++)
			sum += abs(a[i][j]);
		sum -= abs(a[i][i]);
```

```
			if (sum > a[i][i]) k = 0;
		}
		return (k == 1);
}

double matrix_on_vector_mult(int n, double a[10], double x[10]) {
		double ax = 0;
		for (int i = 0; i < n; i++)
		{
			ax += a[i] * x[i];
		}
		return ax;
}

int main()
{
		SetConsoleCP(1251);
		SetConsoleOutputCP(1251);

		double eps, a[10][10], b[10], x[10], p[10], a0[10], ax[10], r[10], xm[10];
		float read;
		int n, i, j, m = 0;
		int method;
		char   desc[ICHAR];
		FILE* finput;

		finput = fopen("Zeydel.TXT", "r");
		if (finput == NULL)
		{
			cout << "Текстовий файл \"Zeydel.TXT\" НЕ знайдено!\n";
			return(-1);
		}
		// Відсканувати перший рядок файлу до 80 знаків
		fgets(desc, ICHAR, finput);
		// Зчитування кількості рівнянь системи
		fscanf(finput, "%d", &n);
		cout << "Кількість рівнянь системи: " << n << endl;
		// Зчитування матриці А
		cout << "\nМатриця А:\n\n";
		for (i = 0; i < n; i++)
		{
			for (j = 0; j < n; j++)
			{
				fscanf(finput, "%f ", &read);
				a[i][j] = read;
				printf("%9.2f  ", a[i][j]);
			}
```

```
        cout << endl;
}
// Зчитування вектора B
cout << "\nВектор B:\n\n";
for (i = 0; i < n; i++)
{
        fscanf(finput, "%f ", &read);
        b[i] = read;
        printf("%9.2f  ", b[i]);
        cout << endl;
}
// Зчитування вектора Xm - розв'язку з mathcad
cout << "\nВектор-розв'язок з Mathcad Xm:\n\n";
for (i = 0; i < n; i++)
{
        fscanf(finput, "%f ", &read);
        xm[i] = read;
        printf("%9.3f  ", xm[i]);
        cout << endl;
}
fclose(finput);

cout << "\nТочність: ";
cin >> eps;
cout << endl;

for (int i = 0; i < n; i++)
        x[i] = 1;

// Виконувати наступну ітерацію, поки умова завершення не досягнута
if (diagonal(a, n))
{
        do
        {
                for (int i = 0; i < n; i++)
                        p[i] = x[i];
                for (int i = 0; i < n; i++)
                {
                        double var = 0;
                        for (int j = 0; j < n; j++)
                                if (j != i) var += (a[i][j] * x[j]);

                        x[i] = (b[i] - var) / a[i][i];
                }
                m++;
                // Вивід результатів кожної ітерації
                cout << "Ітерація " << m << ":\tВектор нев'язки: " << endl;
```

```
			for (i = 0; i < n; i++)
			{
				for (j = 0; j < n; j++)
					a0[j] = a[i][j];
				ax[i] = matrix_on_vector_mult(n, a0, x);
				r[i] = b[i] - ax[i];
				cout << "x" << i << " = " << okr(x[i], eps) << "\t";
				cout << "r" << i << " = " << r[i] << endl;
			}
			cout << "\n\n";
		} while (!converge(x, p, n, eps));

		cout << "Розв'язок системи:" << endl << endl;
		for (i = 0; i < n; i++)
			cout << "x" << i << " = " << okr(x[i], eps) << "" << endl;
		cout << "\nІтерацій: " << m << endl;
		// Розрахунок середньоквадратичної похибки
		double err = 0;
		for (i = 1; i <= n; i++) {
			err += pow(x[i] - xm[i], 2);
		}
		err = sqrt(err / n);

		cout << "\nСередньоквадратична похибка = " << err << endl << endl;
	}
	else
		cout << "Діагональна перевага відсутня!" << endl;
	cout << "\n\n";
}
```

<u>*Скріншоти виконання програми:*</u>

Microsoft Visual Studio Debug Console

```
Кількість рівнянь системи: 4

Матриця А:

     8.15       1.78       3.56       1.72
     0.15       1.04       0.54       0.18
     2.72       0.13       4.26       1.02
     0.65      -0.51      -4.66      11.70

Вектор В:

    -7.41
    -3.04
    36.53
   -31.95

Вектор-розв'язок з Mathcad Xm:

   -4.305
   -8.393
   11.196
    1.602

Точність: 0.000001

Ітерація 1:     Вектор нев'язки:
x0 = -1.77546   r0 = -22.8143
x1 = -3.35931   r1 = -4.63487
x2 = 9.57182    r2 = -0.0344783
x3 = 1.0338     r3 = 0


Ітерація 2:     Вектор нев'язки:
x0 = -4.57475   r0 = -0.827583
x1 = -7.41217   r1 = -1.1602
x2 = 11.4748    r2 = -0.751507
x3 = 1.77057    r3 = 0


Ітерація 3:     Вектор нев'язки:
x0 = -4.6763    r0 = 2.36352
x1 = -8.5131    r1 = 0.0553212
x2 = 11.3968    r2 = 0.074874
x3 = 1.69717    r3 = 0


Ітерація 4:     Вектор нев'язки:
x0 = -4.3863    r0 = 0.719528
x1 = -8.50173   r1 = 0.105536
x2 = 11.2288    r2 = 0.0841534
x3 = 1.61467    r3 = 0


Ітерація 5:     Вектор нев'язки:
x0 = -4.29801   r0 = 0.0107515
x1 = -8.41299   r1 = 0.0242407
x2 = 11.1895    r2 = 0.0170328
x3 = 1.59797    r3 = 0
```

```
Ітерація 6:      Вектор нев'язки:
x0 = -4.29669    r0 = -0.0531601
x1 = -8.38987    r1 = -0.00166716
x2 = 11.192      r2 = -0.00194865
x3 = 1.59988     r3 = 0


Ітерація 7:      Вектор нев'язки:
x0 = -4.30321    r0 = -0.0152183
x1 = -8.39053    r1 = -0.00234012
x2 = 11.1957     r2 = -0.0018545
x3 = 1.6017      r3 = 0


Ітерація 8:      Вектор нев'язки:
x0 = -4.30508    r0 = 2.61124e-05
x1 = -8.39251    r1 = -0.000503111
x2 = 11.1965     r2 = -0.000349805
x3 = 1.60204     r3 = 0


Ітерація 9:      Вектор нев'язки:
x0 = -4.30508    r0 = 0.00119306
x1 = -8.393      r1 = 4.62723e-05
x2 = 11.1964     r2 = 4.98981e-05
x3 = 1.60199     r3 = 0


Ітерація 10:     Вектор нев'язки:
x0 = -4.30493    r0 = 0.000320705
x1 = -8.39297    r1 = 5.17259e-05
x2 = 11.1964     r2 = 4.07593e-05
x3 = 1.60195     r3 = 0


Ітерація 11:     Вектор нев'язки:
x0 = -4.30489    r0 = -6.2227e-06
x1 = -8.39293    r1 = 1.03865e-05
x2 = 11.1963     r2 = 7.13728e-06
x3 = 1.60194     r3 = 0


Ітерація 12:     Вектор нев'язки:
x0 = -4.30489    r0 = -2.66766e-05
x1 = -8.39292    r1 = -1.22142e-06
x2 = 11.1963     r2 = -1.24572e-06
x3 = 1.60194     r3 = 0


Ітерація 13:     Вектор нев'язки:
x0 = -4.3049     r0 = -6.73144e-06
x1 = -8.39292    r1 = -1.13985e-06
x2 = 11.1963     r2 = -8.9321e-07
x3 = 1.60194     r3 = 0
```

```
Ітерація 14:    Вектор нев'язки:
x0 = -4.3049    r0 = 2.58015e-07
x1 = -8.39292   r1 = -2.13158e-07
x2 = 11.1963    r2 = -1.44544e-07
x3 = 1.60194    r3 = 0


Ітерація 15:    Вектор нев'язки:
x0 = -4.3049    r0 = 5.94392e-07
x1 = -8.39292   r1 = 3.1169e-08
x2 = 11.1963    r2 = 3.05086e-08
x3 = 1.60194    r3 = 0


Розв'язок системи:

x0 = -4.3049
x1 = -8.39292
x2 = 11.1963
x3 = 1.60194

Ітерацій: 15

Середньоквадратична похибка = 0.000177286
```

Рис. 2. Результат виконання завдання 1 програмно

ВИСНОВОК

У ході виконання лабораторної роботи я дізналася про ітераційні методи розв'язання СЛАР, а саме метод простих ітерацій та метод Зейделя. Дізналася про інструменти роботи з векторами та матрицями та розділ програмування у програмі Mathcad. Я навчилась програмно реалізовувати метод Зейделя та використовувати його у середовищі Mathcad для розв'язання представлених СЛАР.