

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДОНБАСЬКА ДЕРЖАВНА МАШИНОБУДІВНА АКАДЕМІЯ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
до лабораторних робіт з дисципліни  
«Сучасні програмні засоби у наукових дослідженнях»

Розглянуто і схвалено  
на засіданні кафедри підйомно-  
транспортних машин  
Протокол № 8 від 18 квітня 2019 р.

Краматорськ 2019

УДК 621.873

Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Сучасні програмні засоби у наукових дослідженнях». /Укл. О.В. Бережна. - Краматорськ: ДДМА, 2019. - 111 с.

Містять необхідні теоретичні положення, правила з техніки безпеки, перелік устаткування, контрольні питання, вимоги до оформлення звітів. Викладено основи методики комп'ютерного моделювання ПТБіДМ за допомогою сучасних програмних засобів.

Розглянуто і схвалено на засіданні кафедри підйомно-транспортних машин  
Протокол № 8 від 18 квітня 2019 р.

Електронне навчальне видання

Укладач: О.В. Бережна, доцент

## ЗМІСТ

Вступ .....	4
Лабораторна робота 1 .....	5
Лабораторна робота 2 .....	9
Лабораторна робота 3 .....	16
Лабораторна робота 4 .....	23
Лабораторна робота 5 .....	30
Лабораторна робота 6 .....	33
Лабораторна робота 7 .....	35
Лабораторна робота 8 .....	40
Лабораторна робота 9 .....	45
Лабораторна робота 10 .....	50
Лабораторна робота 11 .....	56
Лабораторна робота 12 .....	60
Лабораторна робота 13 .....	69
Лабораторна робота 14 .....	75
Лабораторна робота 15 .....	87
Лабораторна робота 16 .....	92
Лабораторна робота 17 .....	105

## Вступ

Мета лабораторного практикуму – ознайомити студентів з основами комп'ютерного моделювання та оптимального проектування.

У процесі виконання лабораторних робіт студенти закріплюють теоретичні знання й одержують навички самостійної роботи при рішенні конкретних технічних задач.

Перед виконанням роботи студенти знайомляться з Правилами з техніки безпеки й одержують інструктаж.

До роботи у лабораторії допускаються студенти, що пройшли інструктаж з техніки безпеки. У процесі виконання лабораторних робіт студенти зобов'язані дотримуватися наступних правил:

- не вмикати в електричну мережу прилади без дозволу викладача;
- не спиратися на вимірювальні прилади й устаткування;
- не допускати перетинання силових з'єднувальних проводів;
- після проведення лабораторної роботи усю електроапаратуру знеструмити;
- під час лабораторної роботи не переходити з одного робочого місця на інше без дозволу викладача;
- про усі випадки виявлення несправності в приладах повідомляти викладача;
- утримувати робоче місце у чистоті й порядку;
- по закінченні лабораторної роботи прилади, проводи й ін. здати викладачеві або лаборантові.

Індивідуальний звіт повинний містити наступні складені елементи: найменування і мету роботи; основні теоретичні положення з необхідними схемами, рисунками і таблицями; порядок виконання роботи; результати роботи і висновки.

Графіки, схеми установок і сам звіт повинні відповідати вимогам ДСТУ, пропонованим до відповідних документів (пояснювальних записок).

## Лабораторна рјбота №1

### РЕГРЕСІЙНИЙ АНАЛІЗ. ЗНАХОДЖЕННЯ ПРЯМОЇ РЕГРЕСІЇ ПО МЕТОДУ НАЙМЕНШИХ КВАДРАТІВ

#### Завдання

1. Дані досвіду наведені в таблиці в безрозмірному вигляді. Потрібно:
- побудувати кореляційне поле;
  - висловити гіпотезу про вид статистичної залежності між  $X$  і  $Y$ , визначити коефіцієнт кореляції і тїсноту лїнійного зв'язку;
  - знайти рївняння лїнії регресії;
  - побудувати лїнію регресії;
  - приймаючи значення  $\alpha$  рївним 0,05, перевірити значимість емпїричного коефіцієнта кореляції.

X	41	50	81	104	120	139	154	180	208	241
Y	4	8	10	14	15	20	19	23	25	30

2. Дані досвіду наведені в таблиці в безрозмірному вигляді. Потрібно:
- побудувати кореляційне поле;
  - висловити гіпотезу про вид статистичної залежності між  $X$  і  $Y$ , визначити коефіцієнт кореляції і тїсноту лїнійного зв'язку;
  - знайти рївняння лїнії регресії;
  - побудувати лїнію регресії;
  - приймаючи значення  $\alpha$  рївним 0,05, перевірити значимість емпїричного коефіцієнта кореляції.

X	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Y	16,50	13,75	13,31	12,50	12,75	12,35	11,83	10,50	9,83

3. Дані досвіду наведені в таблиці в безрозмірному вигляді. Потрібно:
- побудувати кореляційне поле;
  - висловити гіпотезу про вид статистичної залежності між  $X$  і  $Y$ , визначити коефіцієнт кореляції і тїсноту лїнійного зв'язку;
  - знайти рївняння лїнії регресії;
  - побудувати лїнію регресії;
  - приймаючи значення  $\alpha$  рївним 0,05, перевірити значимість емпїричного коефіцієнта кореляції.

X	0	4	10	15	21	29	36	51	68	75
Y	66,7	71,0	76,3	80,6	85,7	92,9	99,4	113,6	125,1	134

4. Дані досвіду наведені в таблиці в безрозмірному вигляді. Потрібно:

- а) побудувати кореляційне поле;
- б) висловити гіпотезу про вид статистичної залежності між  $X$  і  $Y$ , визначити коефіцієнт кореляції і тисноту лінійного зв'язку;
- в) знайти рівняння лінії регресії;
- г) побудувати лінію регресії;
- д) прийнявши значення  $\alpha$  рівним 0,05, перевірити значимість емпіричного коефіцієнта кореляції.

X	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Y	30,0	29,1	28,4	28,1	28,0	27,7	27,5	27,2	27,0	26,8

5. Дані досвіду наведені в таблиці в безрозмірному вигляді. Потрібно:
- а) побудувати кореляційне поле;
  - б) висловити гіпотезу про вид статистичної залежності між  $X$  і  $Y$ , визначити коефіцієнт кореляції і тисноту лінійного зв'язку;
  - в) знайти рівняння лінії регресії;
  - г) побудувати лінію регресії;
  - д) прийнявши значення  $\alpha$  рівним 0,05, перевірити значимість емпіричного коефіцієнта кореляції.

X	0	2	3	4	5	6	8	10
Y	4,3	5,1	5,6	7,4	8,8	9,7	10,1	9,4

6. Дані досвіду наведені в таблиці в безрозмірному вигляді. Потрібно:
- а) побудувати кореляційне поле;
  - б) висловити гіпотезу про вид статистичної залежності між  $X$  і  $Y$ , визначити коефіцієнт кореляції і тисноту лінійного зв'язку;
  - в) знайти рівняння лінії регресії;
  - г) побудувати лінію регресії;
  - д) прийнявши значення  $\alpha$  рівним 0,05, перевірити значимість емпіричного коефіцієнта кореляції.

X	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4	2,8	3,2
Y	0,43	0,94	1,91	1,01	4,0	4,56	6,45	8,59

7. Дані досвіду наведені в таблиці в безрозмірному вигляді. Потрібно:
- а) побудувати кореляційне поле;
  - б) висловити гіпотезу про вид статистичної залежності між  $X$  і  $Y$ , визначити коефіцієнт кореляції і тисноту лінійного зв'язку;
  - в) знайти рівняння лінії регресії;
  - г) побудувати лінію регресії;
  - д) прийнявши значення  $\alpha$  рівним 0,05, перевірити значимість емпіричного коефіцієнта кореляції.

X	1	2	3	4	5	6	7	8
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Y	100	85,6	74,4	65,3	56,7	43,3	40,8	34,8
---	-----	------	------	------	------	------	------	------

8. Дані досвіду наведені в таблиці в безрозмірному вигляді. Потрібно:
- побудувати кореляційне поле;
  - висловити гіпотезу про вид статистичної залежності між X і Y, визначити коефіцієнт кореляції і тісноту лінійного зв'язку;
  - знайти рівняння лінії регресії;
  - побудувати лінію регресії;
  - приймаючи значення  $\alpha$  рівним 0,05, перевірити значимість емпіричного коефіцієнта кореляції.

X	0,33	0,65	0,99	1,33	1,66	1,99	2,33	2,66
Y	11,86	15,67	20,60	26,69	33,71	43,93	51,13	61,49

9. Дані досвіду наведені в таблиці в безрозмірному вигляді. Потрібно:
- побудувати кореляційне поле;
  - висловити гіпотезу про вид статистичної залежності між X і Y, визначити коефіцієнт кореляції і тісноту лінійного зв'язку;
  - знайти рівняння лінії регресії;
  - побудувати лінію регресії;
  - приймаючи значення  $\alpha$  рівним 0,05, перевірити значимість емпіричного коефіцієнта кореляції.

X	0,1	0,91	0,90	1,50	2,00	2,20	2,62	3,00	3,30	0,52
Y	0,15	0,20	0,43	0,35	0,52	0,61	0,68	1,15	1,22	1,37

10. Дані досвіду наведені в таблиці в безрозмірному вигляді. Потрібно:
- побудувати кореляційне поле;
  - висловити гіпотезу про вид статистичної залежності між X і Y, визначити коефіцієнт кореляції і тісноту лінійного зв'язку;
  - знайти рівняння лінії регресії;
  - побудувати лінію регресії;
  - приймаючи значення  $\alpha$  рівним 0,05, перевірити значимість емпіричного коефіцієнта кореляції.

X	7,9	11,6	12,8	14,9	16,3	18,6	20,3	21,9	23,6	25,2
Y	13,0	22,8	24,8	28,6	31,6	38,7	40,0	44,9	43,0	44,3

### **Теоретичні відомості**

По виду кореляційного поля можна визначити, чи є залежність між X і Y лінійною чи ні. Часто нелінійну залежність можна спеціальною заміною змінних перетворити в наближену лінійну (линеаризувати).

Якщо залежність між X і Y припустити лінійною (1) - то коефіцієнти k і b підбираються так, щоб сума квадратів відхилень експериментальних точок ( $x_i$ ,  $y_i$ ) від прямої була мінімальною (метод найменших квадратів).

$$y = kx + b. \quad (1)$$

У цьому випадку рівняння називається рівнянням лінійної регресії. Для обчислення коефіцієнтів  $k$  і  $b$  потрібно спочатку вирахувати такі вибіркові характеристики:

а) середнє значення  $x$  і  $y$ :

$$\bar{x}^* = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i; \quad \bar{y}^* = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i.$$

б) середньоквадратичні відхилення  $x$  і  $y$ :

$$\sigma_x^* = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}^*)^2}; \quad \sigma_y^* = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}^*)^2}.$$

в) коефіцієнт кореляції:

$$r^* = \frac{1}{(n-1) \cdot \sigma_x^* \cdot \sigma_y^*} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}^*)(y_i - \bar{y}^*).$$

Значення коефіцієнтів  $k$  і  $b$  в рівнянні (1) обчислюються за формулами:

$$k = r^* \cdot \frac{\sigma_y^*}{\sigma_x^*}; \quad b = \bar{y}^* - \bar{x}^* \cdot r^* \cdot \frac{\sigma_y^*}{\sigma_x^*}.$$

*Приклад 1.* Дані іспиту наведені в таблиці 1. Вважаємо, що  $X$  і  $Y$  пов'язані лінійною залежністю. Знайти рівняння лінійної регресії, визначити щільність лінійного зв'язку між  $x$  і  $y$ , побудувати на одному графіку кореляційне поле і лінію регресії.

Таблиця 1

X	1,033	0,01	0,04	0,24	0,266	0,30	0,45	1,04	1,423	1,914
		2	5	3		2	1	1		
Y	1,83	0,58	1,34	1,34	1,64	1,65	1,91	1,96	2,08	2,18

*Рішення.* У таблиці 1 наведені 10 пар значень  $(x_i, y_i)$ , тому обсяг вибірки  $n = 10$ . Знайдемо вибіркові числові характеристики:

$$\bar{x}^* = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = 0,673;$$



$$\bar{y}^* = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i = 1,651;$$

$$\sigma_x^* = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}^*)^2} = 0,644324;$$

$$\sigma_y^* = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}^*)^2} = 0,471297;$$

$$r^* = \frac{1}{(n-1) \cdot \sigma_x^* \cdot \sigma_y^*} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}^*) (y_i - \bar{y}^*) = 0,783278 .$$

Так як  $0,6 \leq 0,783278 \leq 0,9$ , то зв'язок між  $X$  и  $Y$  достатній.

Обчислимо коефіцієнти  $k$  и  $b$ :

$$k = r^* \cdot \frac{\sigma_y^*}{\sigma_x^*} = 0,573; \quad b = \bar{y}^* - \bar{x}^* \cdot r^* \cdot \frac{\sigma_y^*}{\sigma_x^*} = 1,265.$$

Рівняння лінійної регресії:

$$y = 0,573x + 1,265.$$

1). Побудуємо на одному графіку кореляційне поле і лінію регресії (рис.

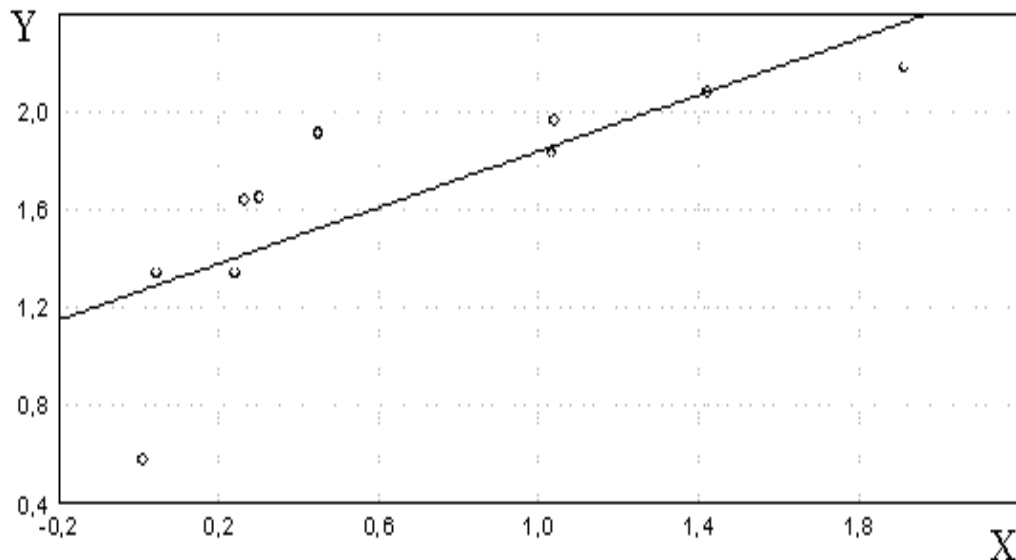


Рисунок 3.11 – Кореляційне поле і лінія регресії

Відповідь: рівняння лінійної регресії  $y = 0,573x + 1,265$ ; коефіцієнт кореляції  $r^* = 0,783278$ .

## ***Перевірка значущості емпіричного коефіцієнта кореляції***

Обчислюючи на підставі вибірових даних значення емпіричного коефіцієнта кореляції  $r^*$ , ми розуміємо, що отримуємо, таким чином, лише деяке наближення невідомого значення  $r^*$ , яке, особливо при дослідженні вибірок невеликого обсягу, може містити значну похибку.

Зокрема, може виявитися, що при  $r = 0$ , тобто при вивченні некоррелірованих випадкових величин, обчислене значення  $r^*$ , в силу впливу випадкових чинників, буде значно відрізнятися від нуля. В цьому випадку, спираючись тільки на отримане значення оцінки коефіцієнта кореляції  $r^*$ , ми можемо зробити помилковий висновок про коррелірованності досліджуваних випадкових величин.

Для отримання більш надійних висновків про існування лінійної залежності між досліджуваними змінними необхідно перевірити значущість отриманого значення  $r^*$ , тобто перевірити за допомогою імовірісно-статистичних методів узгодження з досвідченими даними гіпотези  $H_0: r = 0$  (альтернативна гіпотеза:  $r \neq 0$ ).

Перевірка цієї гіпотези здійснюється в припущенні про двовимірному нормальному розподілі досліджуваних випадкових величин.

Відомо, що статистика

$$t = r^* \cdot \frac{\sqrt{n-2}}{1-r^{*2}} \quad (2)$$

при справедливості сформульованої гіпотези ( $r = 0$ ) незалежно від значень  $r^*$  і  $n$  підкоряється закону розподілу Стьюдента з  $v = n - 2$  ступенями свободи.

Для заданого рівня значущості  $\alpha$  по таблиці квантиль розподілу Стьюдента (додаток Е) можна визначити критичне значення  $t_{\alpha/2, n-2}$ , таке, що  $P(t > t_{\alpha/2, n-2}) = \alpha$ .

Якщо  $t > t_{\alpha/2, n-2}$ , то гіпотеза  $H_0: r = 0$  повинна бути відкинута, тобто спостерігається відміну емпіричного коефіцієнта кореляції від нуля не може бути пояснено тільки випадковістю вибірки і є значущим при рівні значущості  $\alpha$ .

Якщо  $t \leq t_{\alpha/2, n-2}$ , то роблять висновок про те, що немає підстав для відхилення гіпотези про відсутність лінійної залежності між змінними  $X$  и  $Y$ .

**Помітка.** Перетворивши вираз (2), можна отримати співвідношення, що дозволяє визначити мінімальне «порогове» значення  $r^*$ , яке буде значущим при використовуваних значеннях рівня значущості  $\alpha$  і обсягу вибірки  $n$ :

$$r \geq \frac{t_{\alpha/2, n-2}}{t_{\alpha/2, n-2}^2 + n - 2} \quad (3)$$

*Приклад 2* (див. умови прикладу 1). Приймаючи значення  $\alpha$  рівним 0,05, перевіримо значимість емпіричного коефіцієнта кореляції  $r^* = 0,7833$ , що характеризує тісноту лінійного зв'язку між  $X$  і  $Y$ .

Обчислимо статистики:

$$t = r^* \cdot \frac{\sqrt{n-2}}{1-r^{*2}} = 0,7833 \cdot \frac{\sqrt{10-2}}{1-0,7833^2} = 3,564.$$

Критичне значення критерію Стюдента  $t_{\alpha/2, n-2} = t_{0,025;8} = 2,31$

Оскільки  $t > t_{\alpha/2, n-2}$ , то гіпотезу про відсутність між досліджуваними змінними лінійної залежності потрібно відкинути, тобто спостерігається відміна емпіричного коефіцієнта кореляції від нуля не може бути пояснено тільки випадковістю вибірки і є значущим при рівні значущості  $\alpha = 0,05$ .

Використовуючи вираз (3.8), можна встановити, що в даному випадку (тобто при  $n = 8$  і  $\alpha = 0,05$  і, відповідно, при  $t_{\alpha/2, n-2} = t_{0,025;8} = 2,31$ ) мінімальне значимо відрізняє від нуля значення емпіричного коефіцієнта кореляції становить:

$$r \geq \frac{t_{\alpha/2, n-2}^2}{t_{\alpha/2, n-2}^2 + n - 2} = \frac{2,31^2}{2,31^2 + 10 - 2} = 0,6326.$$

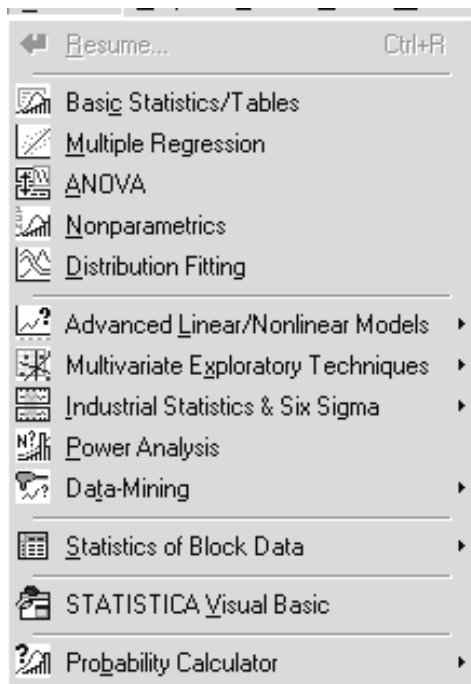
*Відповідь:* 0,6326.

Лабораторна робота №3

**КОРОТКІ ВІДОМОСТІ ПРО СИСТЕМУ STATISTICA V6.0**

**1.1 Структура пакету STATISTICA v6.0**

Програма STATISTICA містить кілька незалежно працюючих модулів, які відкриваються за допомогою пункту меню Statistics (рис.1).



*Рисунок 1*

У кожному модулі зібрані логічно пов'язані між собою статистичні процедури. Працювати можна відразу з декількома модулями. Кнопки цих модулів знаходяться в нижній частині екрана. Переходити між ними можна стандартним чином, клацнувши лівою клав'яшею миші по відповідній кнопці.

### 1.2 Створення нової таблиці даних

Для цього необхідно вибрати пункт меню File - New - Ok. Відкриється порожня електронна таблиця розміром 10x10 (рис. 2). У стовпчиках розміщені змінні (Vars), в рядках - спостереження або випадки (Cases).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Var1	Var2	Var3	Var4	Var5	Var6	Var7	Var8	Var9	Var10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

*Рисунок 2*

### 1.3 Видалення і додавання нових змінних і випадків

Виконується командами Delete (видалити) і Add (додати). Після виділення рядків або стовпчиків натиснути кнопку Vars, якщо видаляються

або додаються змінні, і вказати, скільки елементів віддаляється або додається, Ok. Для випадків - аналогічно, але з кнопкою Cases.

#### 1.4 Коригування таблиць

Коригування таблиці зводиться до коригування найменувань змінних, змісту стовпців цілком і окремих осередків. Для цього виконується клацання по імені стовпця, клацання - по кнопці Vars (змінні), по пункту меню Current Specs (поточні специфікації). Після цього можна задавати нове ім'я стовпця в поле Name (ім'я) і нове значення спостережень за допомогою формули в поле Long name (повне ім'я) (рис.3). Також можна змінити уявлення числа (автоматично - 8 позицій (Column width), число позицій після коми (Decimals) - 3).

Коригування числових значень в окремих осередках виконується, як в EXCEL.

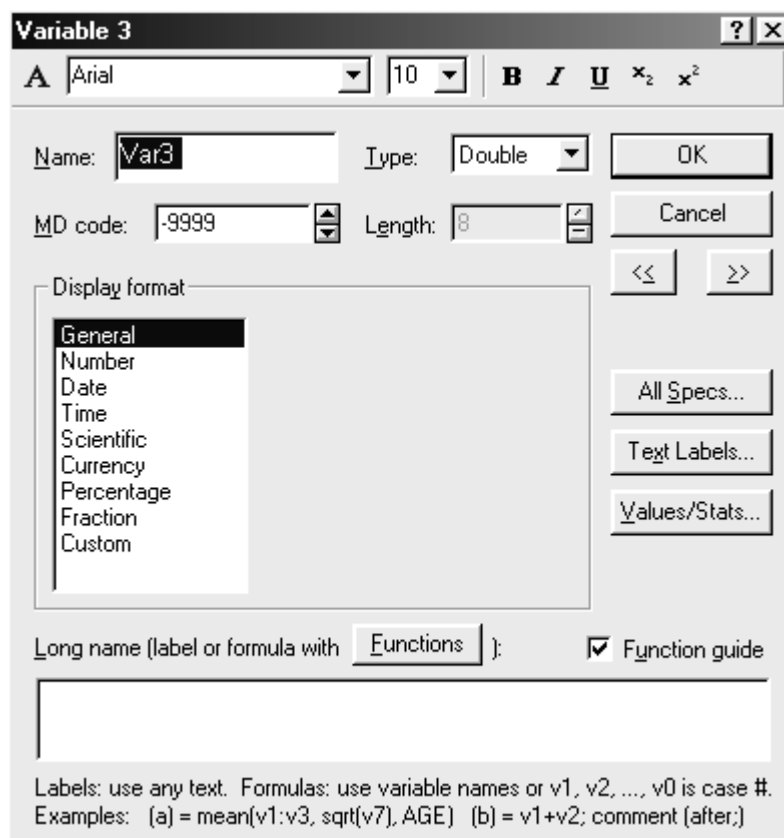


Рисунок 3

#### 1.5 Обчислення статистичних характеристик для значень змінних (наприклад, максимальне, мінімальне, середнє значення, дисперсія і т.д.)

Активувати таблицю даних, потім викликати пункт меню Statistics - Basic Statistics / Tables - Descriptive Statistics - вкладка Advanced (Статистики - описові статистики - все статистики) (рис.4), виділити змінні, для яких знаходять характеристики (кнопка Variables), Ok, вибрати зі списку потрібні

статистичні характеристики (наприклад, Min - мінімальне значення, Max - максимальне значення, Valid N - обсяг вибірки, Mean - середнє значення, Standard Deviation - середньоквадратичне відхилення, кнопка Summary). На екрані з'явиться таблиця з потрібними характеристиками.

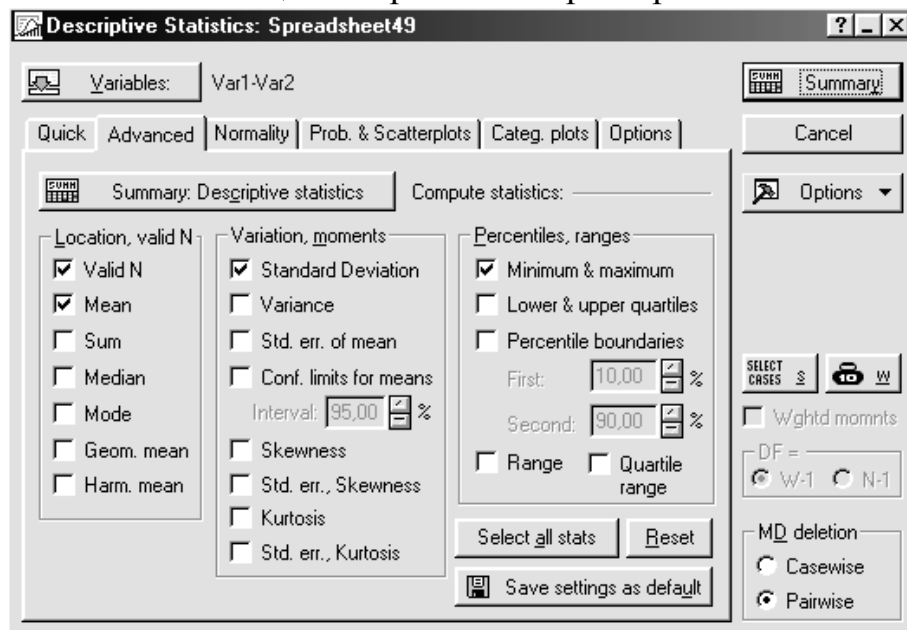


Рисунок 4

## 1.6 Отримання графіка і рівняння лінійної регресії

Активувати таблицю. Вибрати пункт меню Graphs, 2D Graphs, Scatterplots, вкладка Advanced (графіки, статистичні 2-мірні графіки, точковий графік), вибрати змінні Variables (для аргументу - X і функції - Y), Ok, вибрати опції Regular, Linear (регулярний, лінійний), Ok (рис.5).

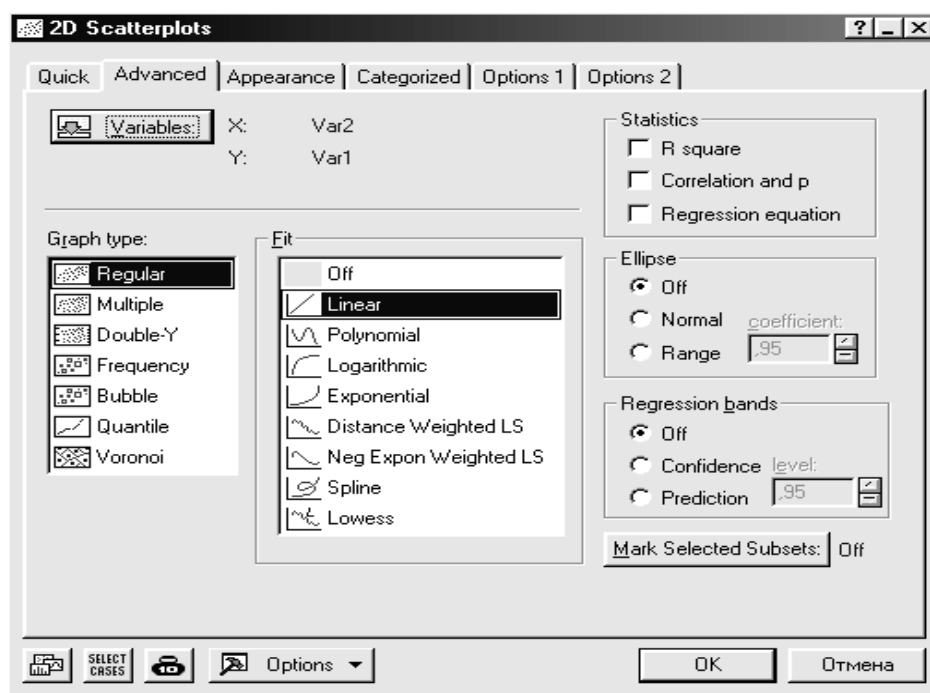


Рисунок 5

З'явиться графік лінійної регресії, над яким записано рівняння регресії (рис.6).

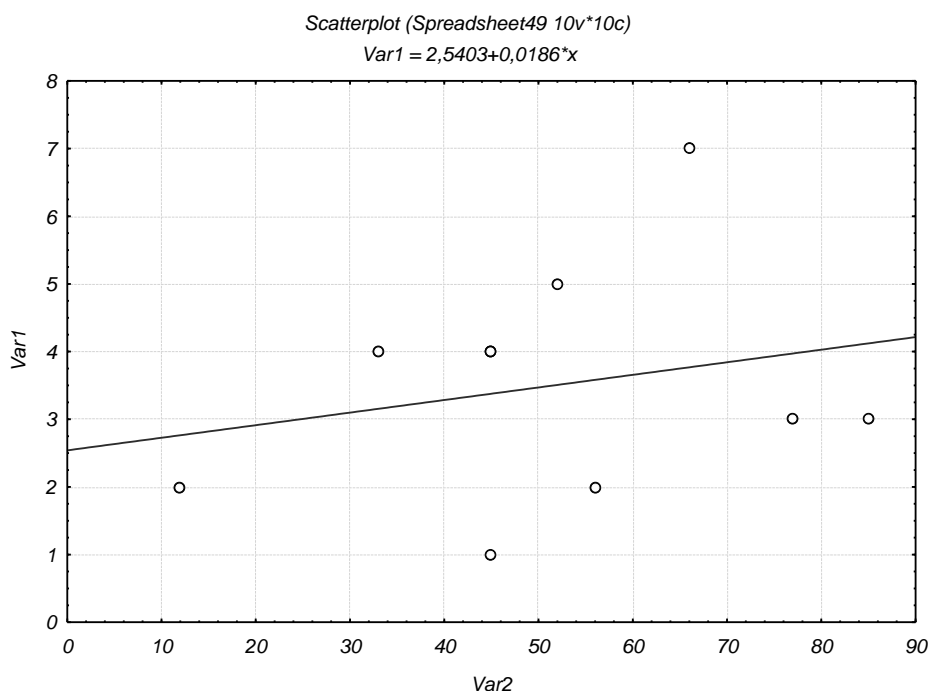


Рисунок 6

## 1.7 Типи файлів в системі Statistica

Типи файлів: \* .sta - дані; \* .Stw - результати обробки даних, Workbook;  
\* .Str, або \* .rtf- звіт.

Довжина імені файлу, як і будь-якої іншої ідентифікатора, що не більше 8 символів.

## 1.8 Створення автозвіта

Автоотчет бажано створювати при кожному сеансі роботи з пакетом для того, щоб все результати роботи (таблиці і графіки) запам'ятовувалися в Автоотчет.

Для створення короткого автозвіта викликаємо пункт меню File, Output Manager. З'явиться багатосторінкове меню.

На сторінці Output Manager потрібно відзначити наступні опції: Single Workbook, Place results in Workbook automatically, Also send to Report Window, Single Report (рис. 7).

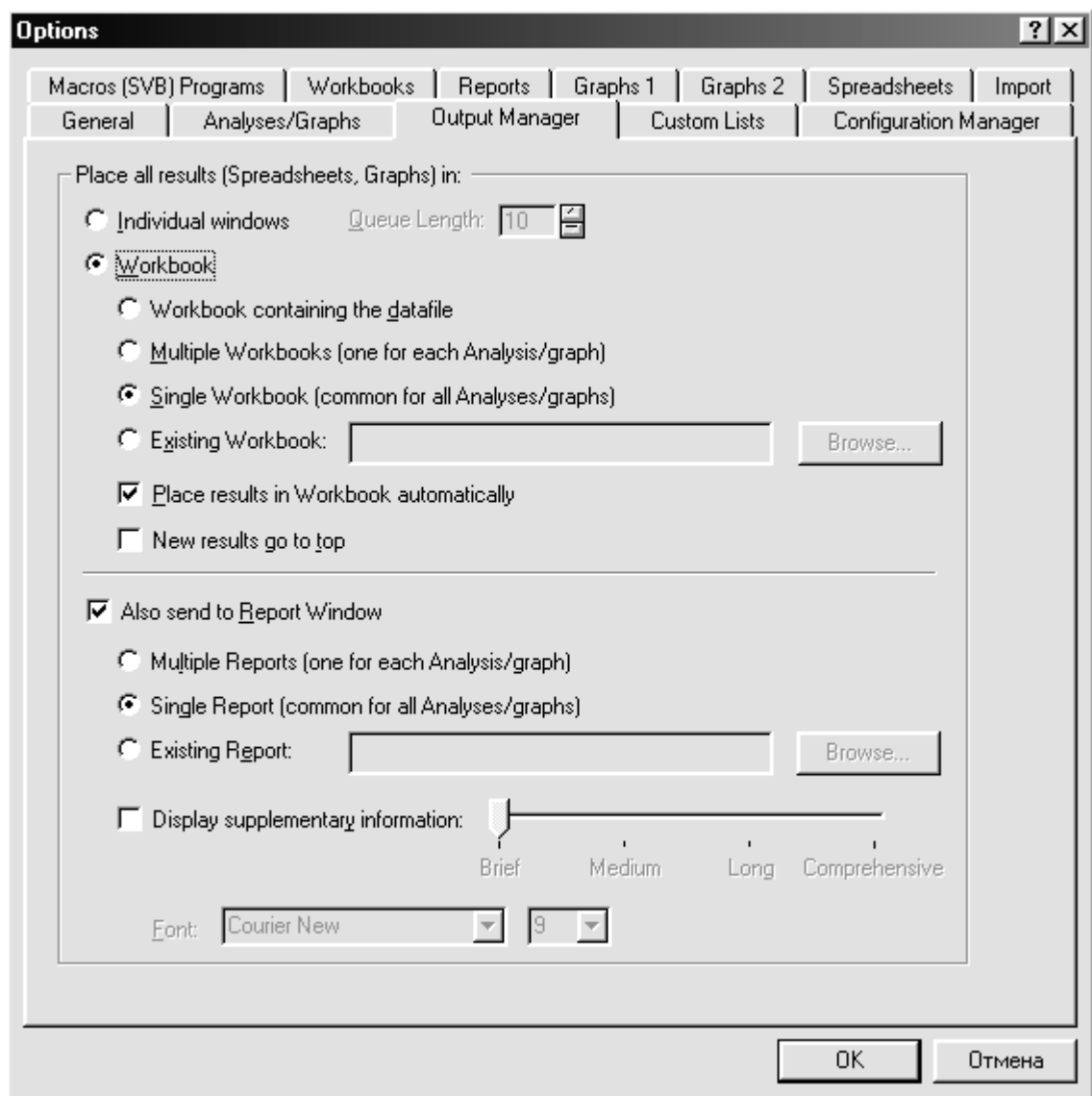


Рисунок 7

На сторінці Workbook, крім уже заданих опцій, в поле Add to Workbook performs відзначити опцію Copy. На сторінці Report, крім уже заданих опцій, в поле Add to Report performs відзначити опцію Copy. Після цього натиснути Ok. Тепер все розрахункові таблиці та графіки автоматично заносяться в звіт.

Файл звіту потрібно зберегти з розширенням \* .rtf. Тепер його можна редагувати в WORD.

#### Лабораторна робота 4

### ТОЧКОВІ ОЦІНКИ ПАРАМЕТРІВ НОРМАЛЬНОГО РОЗПОДІЛУ

#### Короткі теоретичні відомості

Нормальний розподіл випадкової величини виникає щоразу, коли підсумовується велику кількість випадкових доданків. При цьому байдуже,



за яким законом розподілено кожне з доданків, важливо лише, щоб жодне з цих доданків не було домінуючим.

Прийнято вважати, що всі помилки вимірювань, вага і розмір деталей і багато інших випадкові величини розподілені за нормальним законом.

Тому обробку даних починають з перевірки відповідності нормальному розподілу, обчислення точкових та інтервальних оцінок параметрів цього розподілу.

Детально ці питання розглядаються в курсі дисципліни «Прикладна математика», теми «Нормальний розподіл» і «Математична статистика одновимірної випадкової величини».

### **Завдання до лабораторної роботи**

Для заданої вибірки:

1 Обчислити основні точкові статистики і пояснити їх сенс (середнє значення, розмах вибірки, обсяг вибірки, середньоквадратичне відхилення).

2 Перевірити гіпотезу на відповідність вибірки деякого нормального розподілу за допомогою побудови гістограми.

3 Обчислити додаткові точкові оцінки: медіани, моди, дисперсії, асиметрії, ексцесу, а також розмах вибірки, квартильне розмах, точкові оцінки лівого і правого квартилей і межі довірчого інтервалу для середнього з довірчою ймовірністю 95% і 99%.

4 Перевірити гіпотезу на нормальність вибірки за допомогою Test for normality (Shapiro - Wilk's W test).

5 Довільно змінити («зіпсувати») вибірку і ще раз перевірити її на відповідність нормальному розподілу.

### **Приклад виконання лабораторної роботи в пакеті Statistica**

*Дано:* вихідні статистичні дані (вибірка) (табл.1).

*Таблиця 1*

49	50	52	48	49	51	48	49	49	50
50	53	48	49	51	47	49	50	51	52

### **Виконання завдання**

1 Створюємо таблицю даних. Таблиця буде мати одну змінну і 20 випадків (табл.2).

*Таблиця 2*

	1 x
1	49
2	50
3	52
4	48
5	49
6	51
7	48
8	49
9	49
10	50
11	50
12	53
13	48
14	49
15	51
16	47
17	49
18	50
19	51
20	52

Зберегти таблицю (наприклад: lab0.sta).

2 Знаходимо основні статистики (середнє значення, середньоквадратичне відхилення, розмах вибірки). Активуємо таблицю з даними: Statstcs - Basic Statistics / Tables - Descriptive Statistics - вкладка Advanced. Визначаємо змінні: кнопка Variables (x, y), Ok. Активуємо опції: Valid N (обсяг вибірки), Mean (середнє значення), Standard Deviation (середньоквадратичне відхилення), Minimum і Maximum (мінімальне і максимальне значення), клацаємо кнопку Summary. Потрібні статистики запишуться в звіт у вигляді таблиці 3.

Таблиця 3

Variable	Descriptive Statistics (Spreadsheet1)				
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
x	20	49,75000	47,00000	53,00000	1,551739

Для того щоб перевірити вибірку на відповідність певного нормального розподілу, переходимо в вікні Basic Statistics / tables-Descriptive Statistics на вкладку Normality і вибираємо Kolmogorov - Smirnov test (зазвичай він відзначений за замовчуванням). Потім (на цій вкладці або Quick) клацаємо кнопку Histograms. Одержимо зображення гістограми і очікуваного нормального розподілу (Expected Normal) (рис.8), а також обчислене значення критерію Колмогорова - Смирнова (K - S d) і значення рівня значущості (p). Так як в даному випадку  $p = 0,20 > 0,05$ , то гіпотеза про нормальність розподілу приймається.

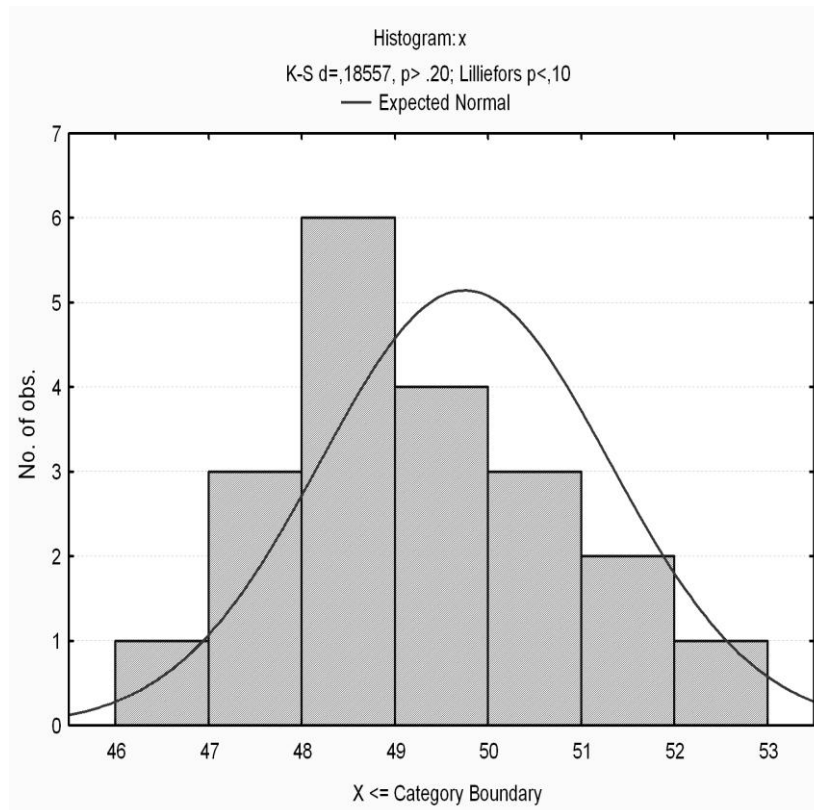


Рисунок 8

Далі клацнемо по кнопці Frequency tables. Отримаємо таблицю частот (табл.4).

Таблиця 4

Frequency table: x (Spreadsheet1)						
K-S d=,18557, p> .20; Lilliefors p<,10						
Category	Count	Cumulative Count	Percent of Valid	Cumul % of Valid	% of all Cases	Cumulative % of All
46,00000<x<=47,00000	1	1	5,00000	5,00000	5,00000	5,00000
47,00000<x<=48,00000	3	4	15,00000	20,00000	15,00000	20,00000
48,00000<x<=49,00000	6	10	30,00000	50,00000	30,00000	50,00000
49,00000<x<=50,00000	4	14	20,00000	70,00000	20,00000	70,00000
50,00000<x<=51,00000	3	17	15,00000	85,00000	15,00000	85,00000
51,00000<x<=52,00000	2	19	10,00000	95,00000	10,00000	95,00000
52,00000<x<=53,00000	1	20	5,00000	100,00000	5,00000	100,00000
Missing	0	20	0,00000		0,00000	100,00000

3 Обчислюємо додаткові точкові оцінки. Для більш тонкого аналізу даних перейдемо на вкладку Advanced. Вибираємо ті статистики, які не ввійшли в первинний (Quick) аналіз:

- Median -точковий оцінка медіани;
- Mode - точкова оцінка моди;
- Variance - точкова оцінка дисперсії;
- Skewness - точкова оцінка асиметрії;
- Kurtosis - точкова оцінка ексцесу;
- Lower & upper quartiles - точкові оцінки лівого і правого кватилей;

Range - розмах вибірки;

Quartile range - кватильное розмах;

Conf. Limits for means - межі довірчого інтервалу для середнього, попередньо необхідно встановити довірку ймовірність, за замовчуванням 95%.

Клацаємо по кнопці Summary. Результат отримаємо у вигляді таблиці 5. У ній, зокрема, знаходяться значення довірчого інтервалу з рівнем довіри 95% для середнього:  $49,02 < \bar{X} < 50,476$ .

Таблиця 5

Descriptive Statistics (Spreadsheet1)						
Variable	Confidence -95,000%	Confidence +95,000%	Lower Quartile	Upper Quartile	Range	Quartile Range
x	49,02376	50,47624	49,00000	51,00000	6,00000	2,00000

Descriptive Statistics (Spreadsheet1)						
Variable	Median	Mode	Frequency of Mode	Variance	Skewness	Kurtosis
x	49,50000	49,00000	6	2,407895	0,369760	-0,332267

За значеннями асиметрії (Skewness) і ексцесу (Kurtosis) можна судити про близькість розподілу до нормального.

Для того щоб отримати довірчий інтервал для середнього з іншого довірчою ймовірністю (наприклад 99%), потрібно на вкладці Advanced для Conf. Limits for means змінити з 95,0% на 99,0%, після чого повторити розрахунки. Отримаємо результат в таблицю 6.

Таблиця 6

Descriptive Statistics (Spreadsheet1)			
Variable	Mean	Confidence -99,000%	Confidence +99,000%
x	49,75000	48,75731	50,74269

**4** Перевірити гіпотезу на нормальність вибірки. Для перевірки гіпотези на нормальність вибірки за допомогою іншого критерію (наприклад, тесту Шапіро), потрібно на вкладці Normality відзначити Shapiro - Wilk's Wtest і повторити описані вище розрахунки.

## 2.6 Індивідуальні завдання

Розглядаються результати вимірювань деякої фізичної величини (випадкової величини).

### Варіант 1

Випадкова величина X - вміст кобальту в зразках твердого сплаву марки ВК20М (табл.7).

Таблиця 7

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
X%	17,2	18,8	20,4	20,6	19,8	21,4	22	21,4	18,8	19,8	20,2	20,4	19,7
№	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
X%	20	21	19,4	18,8	20,3	19,5	18,6	18	17,9	21	20,1	20,5	

### Варіант 2

Випадкова величина X - пористість порошкових заготовок (табл.8).

Таблиця 8

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
X%	20,58	22,80	25,4	26,08	23,25	21,42	25,10	23,10	24,09	24,02	26,12	22,84	23,6
№	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
X%	25,8	24,78	23,6	24,8	26,1	23,7	22,45	21,9	22,9	21,78	24,8	23,1	

Варіант 3

Випадкова величина X - опір резисторів (табл.9).

Таблиця 9

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
X, кОм	4,8	6,2	6,0	5,9	5,6	4,9	6,0	6,1	5,5	5,8	5,7	5,1	5,5
№	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
X, кОм	6,2	5,4	4,3	5,69	4,68	5,98	5,4	5,81	5,2	5,87	4,7	5,5	

Варіант 4

Випадкова величина X - тиск в камері згоряння двигуна (табл.10).

Таблиця 10

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
X, 10 <sup>5</sup> Па	31,85	31,36	30,32	30,90	31,70	32,40	31,60	31,12	30,98	31,02	31,05	31	32,6
№	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
X, 10 <sup>5</sup> Па	31,6	31,61	31,55	32,2	30,89	31	31,9	32,8	31,76	31,4	31,02	32,4	

Варіант 5

Випадкова величина X - розмір деталі (табл.11).

Таблиця 11

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
X, <sub>мм</sub>	4,781	4,795	4,796	4,792	4,779	4,780	4,786	4,778	4,788	4,783	4,781	4,778	4,782
№	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
X, <sub>мм</sub>	4,789	4,791	4,786	4,782	4,771	4,792	4,769	4,772	4,788	4,783	4,785	4,78	

Варіант 6

Випадкова величина X - індуктивність котушки (табл.12):

Таблиця 12

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
X, мГн	0,090	0,102	0,109	0,115	0,098	0,101	0,108	0,109	0,099	0,098	0,092	0,114	0,11
№	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
X, мГн	0,102	0,098	0,102	0,094	0,101	0,094	0,098	0,113	0,0987	0,0995	0,107	0,105	

Варіант 7

Випадкова величина X - час підігріву до 1000 ° С центральній частині коробів для спікання зразків з порошкових матеріалів засипки (табл.13).

Таблиця 13

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
X, мин	26,2	27,5	25,0	32,2	35,0	30,2	29,8	28,8	26,8	30,0	30,8	32,0	35,0

№	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
X, мин	32,02	30,8	31,7	31,06	29,89	28,9	27,9	28,56	29,5	31,5	32	32,03

### Варіант 8

Випадкова величина X - індуктивність котушки (табл.14).

Таблиця 14

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
X, мГн	8,345	8,346	8,348	8,342	8,343	8,345	8,343	8,347	8,344	8,347	8,346	8,349	8,345
№	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
X, мГн	8,345	8,34	8,348	8,3435	8,345	8,3478	8,347	8,345	8,342	8,3481	8,341	8,3431	

### Варіант 9

Випадкова величина X - межа міцності зразків з дюралюмінієвого сплаву (табл.15).

Таблиця 15

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
X, 10 <sup>5</sup> Па	43,4	43,6	44,3	44,5	44,5	44,6	44,7	44,7	44,8	45,1	45,2	45,3	44,8
№	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
X, 10 <sup>5</sup> Па	44,2	44,9	44,34	44,98	45,12	45,32	45,01	43,8	43,8	43,5	45,52	44,8	

### Варіант 10

Випадкова величина X - межа міцності зразків з алюмінієвого сплаву (табл.16).

Таблиця 16

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
X, 10 <sup>5</sup> Па	40,32	41,22	40,31	40,60	40,0	40,73	40,54	40,17	40,26	40,05	40,38	39,93	41,1
№	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
X, 10 <sup>5</sup> Па	40,67	40,79	40,31	40,89	40,6	41,2	39,78	40,21	39,8	40,34	40,4	39,5	

## Лабораторна робота 5

### ОТРИМАНИХ ЕМПІРИЧНИХ МОДЕЛЕЙ. ПРОГНОЗ

#### Короткі теоретичні відомості

Вибірка - сукупність випадково відібраних даних (x<sub>i</sub>, y<sub>i</sub>) (табл.17), де n - обсяг вибірки; Ікс-Фактор; у - відгук.

Таблиця 17

x <sub>2</sub>	x <sub>1</sub>	...	x <sub>n</sub>
y <sub>2</sub>	y <sub>1</sub>	...	y <sub>n</sub>

Кореляційне поле (діаграма розсіювання) - графічне зображення точок вибірки (рис.9).

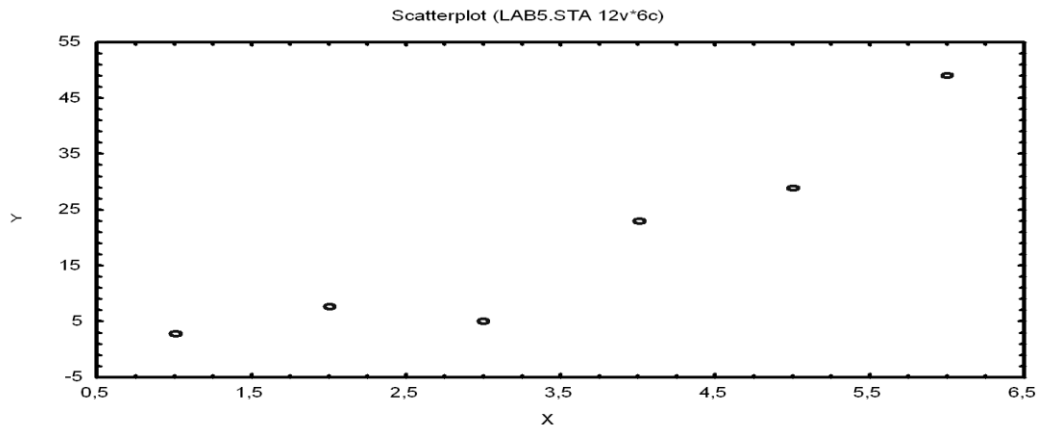


Рисунок 9

Генеральна сукупність - сукупність об'єктів, з яких беруть вибірку.

Математична модель - це наближений опис якого-небудь явища або процесу за допомогою математичної символіки. У найпростішому випадку однофакторної регресії математична модель - це формула виду  $y = F(x)$ . Якщо модель лінійна, то  $y = b_0 + b_1x$  - рівняння лінійної регресії.

Середні значення фактора  $x$  і відгуку  $y$  обчислюються за формулами:

$$x_{cp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i ; \quad y_{cp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i .$$

Точка  $(x_{cp}, y_{cp})$  називається центром розсіювання. Графік лінійної регресії завжди проходить через центр розсіювання.

Середнє квадратичне відхилення фактора обчислюється за формулою  $\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - x_{cp})^2}$  і характеризує, наскільки в середньому значення фактора  $x_i$  відхиляються від  $x_{cp}$ . З двох вибірок з однієї генеральної сукупності більш якісною є та, для якої  $\sigma_x$  більше.

Область прогнозів розташована між мінімальним і максимальним значеннями фактора  $x$ . Прогноз відгуку  $y$  розраховують за рівнянням моделі.

Рівняння лінійної регресії  $y = b_0 + b_1x$  знаходять за методом найменших квадратів (МНК). Відхилення  $i$ -ї точки кореляційного поля від лінії регресії дорівнює  $(y_{лин} - y_i)$ . Суть МНК полягає в тому, щоб мінімізувати суму квадратів відхилень (залишків):

$$S = \sum (y_{лин} - y_i)^2 = \sum ((b_0 + b_1(x_i - y_i)))^2 \quad (\min).$$

Мінімум досягається за умови рівності нулю приватних похідних:

$$\begin{cases} \frac{\partial S}{\partial b_0} = 0, \\ \frac{\partial S}{\partial b_1} = 0. \end{cases}$$

За цією системою рівнянь знаходять коефіцієнти регресії  $b_0$  і  $b_1$ .

Для нелінійної моделі суму квадратів відхилень знаходять аналогічно:

$$S = \sum (y_{лин} - y_i)^2 .$$

З двох моделей оптимальною є та, у якій сума квадратів відхилень менше.

Статистична гіпотеза - це припущення чи то за Закон розподілу, або про значення числових характеристик (статистик) випадкової величини. Нульовий (основний) називають гіпотезу  $H_0$ , висунуту першою. Конкуруючої (альтернативної) називають гіпотезу, яка суперечить основній гіпотезі. Помилка першого роду - відкинута правильна гіпотеза. Помилка другого роду - прийнята неправильна гіпотеза. Рівень значущості гіпотези  $\alpha$  - ймовірність відкинути правильну гіпотезу. Зазвичай  $\alpha = 0,05$  або  $\alpha = 0,01$ . Статистичний критерій - випадкова величина, що служить для перевірки нульової гіпотези. Спостережуване значення критерію визначається за вибіркою. Область прийняття гіпотези - сукупність значень критерію, при яких нульову гіпотезу приймають. Критична область - сукупність значень критерію, при яких нульову гіпотезу відкидають. Критичні точки (критичні значення критерію) відокремлюють область прийняття гіпотези від критичної області. При дослідженні однофакторної регресії використовують два критерії:

- критерій Стьюдента з числом ступенів свободи  $k = n - 2$ :  $T(x,k)$ , де  $n$  - обсяг вибірки (рис.10):

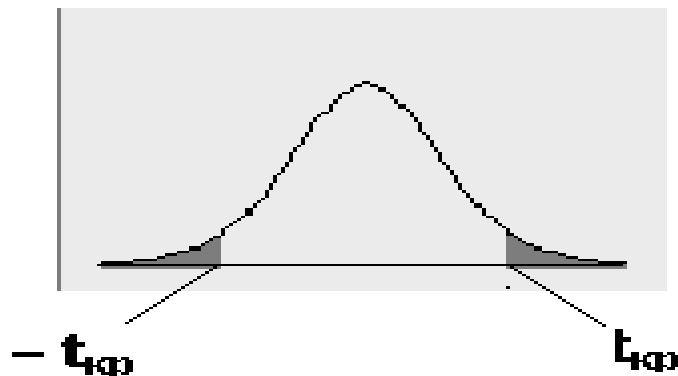


Рисунок 10

- критерій Фішера з двома числами ступенів свободи:  $k_1 = 1$  и  $k_2 = n - 2$ :  $F(x,k_1,k_2)$  (рис.11):



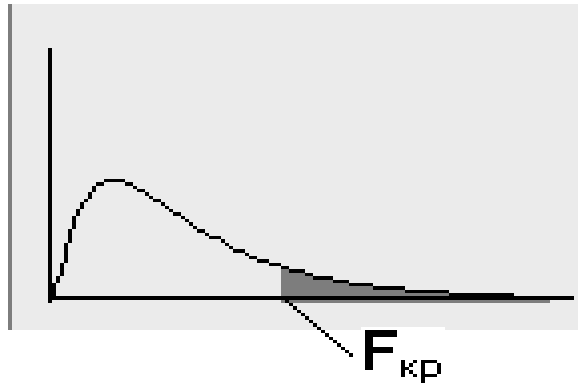


Рисунок 11

Критерій Стьюдента двосторонній - у нього дві симетричні критичні точки:  $t_{кр}$  и  $-t_{кр}$ . Сумарна площа виділених областей дорівнює рівню значущості  $\alpha$  нульової гіпотези  $H_0$ .

Критерій Фішера односторонній - у нього одна критична точка  $F_{кр}$ . Площа виділеної області дорівнює рівню значущості  $\alpha$  нульової гіпотези  $H_0$ .

*Число ступенів свободи статистики дорівнює обсягу вибірки мінус кількість накладених зв'язків.*

*Статистична значимість коефіцієнта рівняння лінійної регресії з рівнем значущості  $\alpha$  означає наступне: ймовірність того, що даний коефіцієнт відмінний від нуля, дорівнює  $\alpha$ . Перевіряється значимість коефіцієнтів рівняння за допомогою критерію Стьюдента: знаходять за даними вибірки  $t_{набл}$  і критичне значення критерію  $t_{кр}$ . Якщо  $t_{набл} > t_{кр}$ , коефіцієнт рівняння статистично значимо. Якщо  $t_{набл} < t_{кр}$ , коефіцієнт рівняння статистично значимо.*

Адекватність рівняння лінійної регресії з рівнем значущості  $\alpha$  означає наступне: ймовірність того, що відгук  $y$  залежить від фактора  $x$ , дорівнює  $\alpha$ . Перевіряється адекватність рівняння за допомогою критерію Фішера: знаходять за даними вибірки  $F_{набл}$  і критичне значення критерію  $F_{кр}$ . Якщо  $F_{набл} > F_{кр}$ , рівняння адекватно. Якщо  $F_{набл} < F_{кр}$ , рівняння не адекватно.

Коефіцієнт кореляції  $r_{xy}$  характеризує тісноту лінійного зв'язку між фактором  $x$  і відгуком  $y$ . Якщо  $0,9 < |r_{xy}| < 1$ , зв'язок тісний; якщо  $0,6 < |r_{xy}| < 0,9$ , зв'язок достатня; якщо  $0,3 < |r_{xy}| < 0,6$ , зв'язок слабка; якщо  $0 < |r_{xy}| < 0,3$ , зв'язок відсутній. Знак коефіцієнта  $r_{xy}$  характеризує характер лінійного зв'язку: при  $r_{xy} > 0$  зв'язок між  $x$  і  $y$  пряма (з ростом фактора  $x$  відгук  $y$  збільшується), при  $r_{xy} < 0$  зв'язок між  $x$  і  $y$  зворотний (з ростом фактора  $x$  відгук  $y$  зменшується).

Коефіцієнт детермінації  $R^2$  для лінійної регресії дорівнює квадрату коефіцієнта кореляції  $r_{xy}$ :  $R^2 = r_{xy}^2$ ,  $0 \leq R^2 \leq 1$ .  $R^2$  показує, яка частина дисперсії відгуку  $y$  пояснюється рівнянням регресії.

**Завдання до лабораторної роботи**

Дослідити залежність заданого показника від фактора. Для цього необхідно:

- 1 Створити таблицю даних.
- 2 Знайти основні статистики.
- 3 Знайти графік і рівняння лінійної регресії  $y = b_0 + b_1x$ .
- 4 Розрахувати прогноз  $Y$  по лінійної моделі.
- 5 Знайти графік і рівняння експоненційної моделі  $y = a \cdot e^{bx}$ .
- 6 Розрахувати прогноз  $Y$  по експоненційної моделі.
- 7 Знайти графік і рівняння поліноміальної моделі.
- 8 Розрахувати прогноз  $Y$  по полиномиальной моделі.
- 9 Розрахувати квадрати відхилень вибірових значень від прогнозованих.
- 10 Обчислити суму квадратів відхилень.
- 11 Вибрати модель за сумою квадратів відхилень.
- 12 Перевірити лінійну модель на адекватність.

### **Приклад виконання лабораторної роботи в пакеті Statistica**

**Дано:** вихідні статистичні дані (табл.18).

*Таблиця 18*

№	X	Y
1	1	1
2	1,5	2,5
3	2	4
4	2,5	6,2
5	3	9
6	3,5	12,1
7	4	16
8	4,5	20,4
9	5	25
10	6	36

### **Виконання завдання**

*1 Створюємо таблицю даних. Таблиця буде мати дві змінні і 10 випадків* (табл.19).

*Таблиця 19*

x	y
1	1

1,5	2,5
2	4
2,5	6,2
3	9
3,5	12,1
x	y
4	16
4,5	20,4
5	25
6	36

Зберігаємо таблицю (наприклад: lab1.sta).

**2** Знаходимо основні статистики (середнє значення, середньоквадратичне відхилення, розмах вибірки). Активуємо таблицю з даними: *Statstcs - Basic Statistics / Tables - вкладка Advanced*. Визначаємо змінні: кнопка *Variables (x, y)*, *Ok*. Активуємо опції: *Valid N (обсяг вибірки)*, *Mean (середнє значення)*, *Standard Deviation (середньоквадратичне відхилення)*, *Minimum і Maximum (мінімальне і максимальне значення)*, клацаємо кнопку *Summary*. Потрібні статистики запишуться в звіт у вигляді таблиці 20.

Таблиця 20

Variable	Descriptive Statistics (lab1)				
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
x	10	3,30000	1,00000	6,00000	1,60208
y	10	13,22000	1,00000	36,00000	11,22782

Вихідну таблицю можна додати до звіту: *File – Add to Report – Report1*.

**3** Знаходимо графік і рівняння лінійної регресії  $y = b_0 + b_1x$ . Активуємо таблицю з даними. *Graphs - Scatterplots ... - вкладка Advanced*. Визначаємо змінні: кнопка *Variables (1-X, 2-Y)*, *Ok*. Вибираємо опції графіка: *min Regular (звичайний)*, вид *Linear (лінійний)*, *Ellipse - Off*, *Ok*.

Над графіком буде написано рівняння прямої регресії  $y = -9,3714 + 6,8459x$  (рис.12).

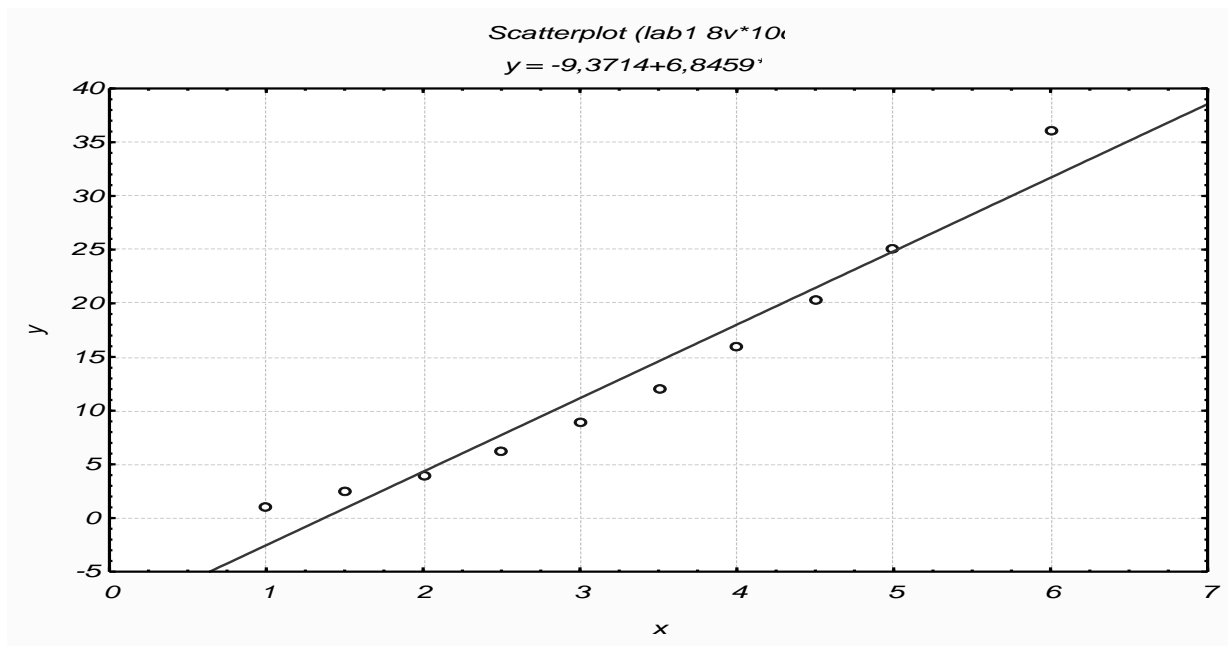


Рисунок 12

4 Розраховуємо прогноз  $Y$  по лінійної моделі. За отриманою формулою можна розрахувати значення  $Y$  в будь-якій точці з області прогнозів. Додамо до таблиці 3-й стовпець  $Y\_L$ . Подвійним клацанням миші по імені стовпця входимо в вікно редагування стовпця. У вікні Long Name (внизу діалогового вікна) записати формулу  $= -9,3714 + 6,8459 * x$  (рівняння регресії) і натиснути ОК. У стовпці  $Y\_L$  з'являться значення  $Y$ , розраховані за рівнянням прямої регресії  $y = -9,3714 + 6,8459x$  для всіх  $X$  з 1-го стовпця (табл.21).

Таблиця 21

x	y	y_l
1	1	-2,5255
1,5	2,5	0,89745
2	4	4,3204
2,5	6,2	7,74335
3	9	11,1663
3,5	12,1	14,58925
4	16	18,0122
4,5	20,4	21,43515
5	25	24,8581
6	36	31,704

5 Знаходимо графік і рівняння експоненційної моделі  $y = a * e^{bx}$ . Всі дії аналогічні п.3, але вигляд графіка - Exponential (експонентний).

Отримаємо графік і формулу експоненційної моделі (рис.13). рівняння:

$$y=0,9114*\exp(0,6769*x).$$

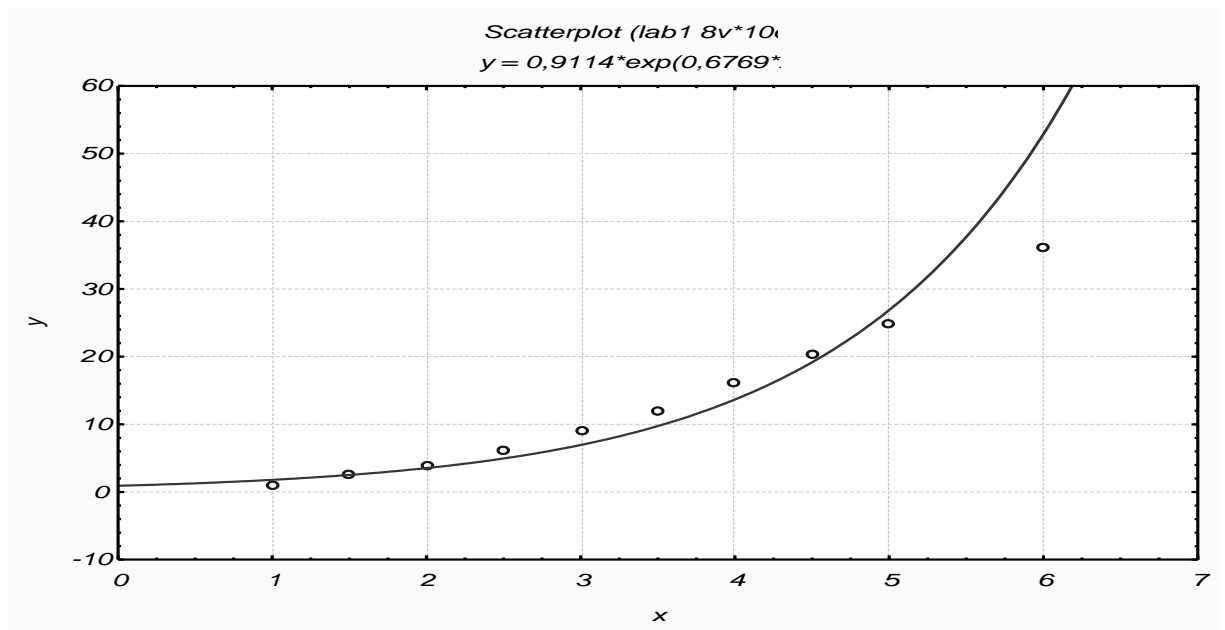


Рисунок 13

6 Розраховуємо прогноз  $Y$  по експоненційній моделі. Дії аналогічні п. 4. У вікні Long Name вписуємо формулу  $= 0,9114 * \exp(0,6769 * x)$ . Таблиця прийме вигляд, наведений в таблиці 22.

Таблиця 22

x	y	y_l	y_exp
1	1	-2,5255	1,79342392
1,5	2,5	0,89745	2,51576416
2	4	4,3204	3,52904254
2,5	6,2	7,74335	4,95044068
3	9	11,1663	6,94433764
3,5	12,1	14,58925	9,74131969
4	16	18,0122	13,6648467
4,5	20,4	21,43515	19,168659
5	25	24,8581	26,8892506
6	36	31,704	52,9118118

7 Знаходимо графік і рівняння поліноміальної моделі. Початкові дії аналогічні п.3, але вигляд графіка Polynomial (поліноміальний). На вкладці Options 2 задаємо ступінь полінома (Polynomial order). Statistica 6.0 пропонує наступні поліноми:

1. Quadratic ( $y = b_0 + b_1x + b_2x^2$ )

2. Cubic ( $y = b_0 + b_1x + b_2x^2 + b_3x^3$ )
3. Quartic ( $y = b_0 + b_1x + b_2x^2 + b_3x^3 + b_4x^4$ )
4. Quintic ( $y = b_0 + b_1x + b_2x^2 + b_3x^3 + b_4x^4 + b_5x^5$ )

В даному випадку вибираємо Quadratic, натискаємо ОК. Отримаємо графік (рис.14), над яким написано рівняння полінома 2го ступеня  $y=0,1674-0,0915x+1,0117x^2$ .

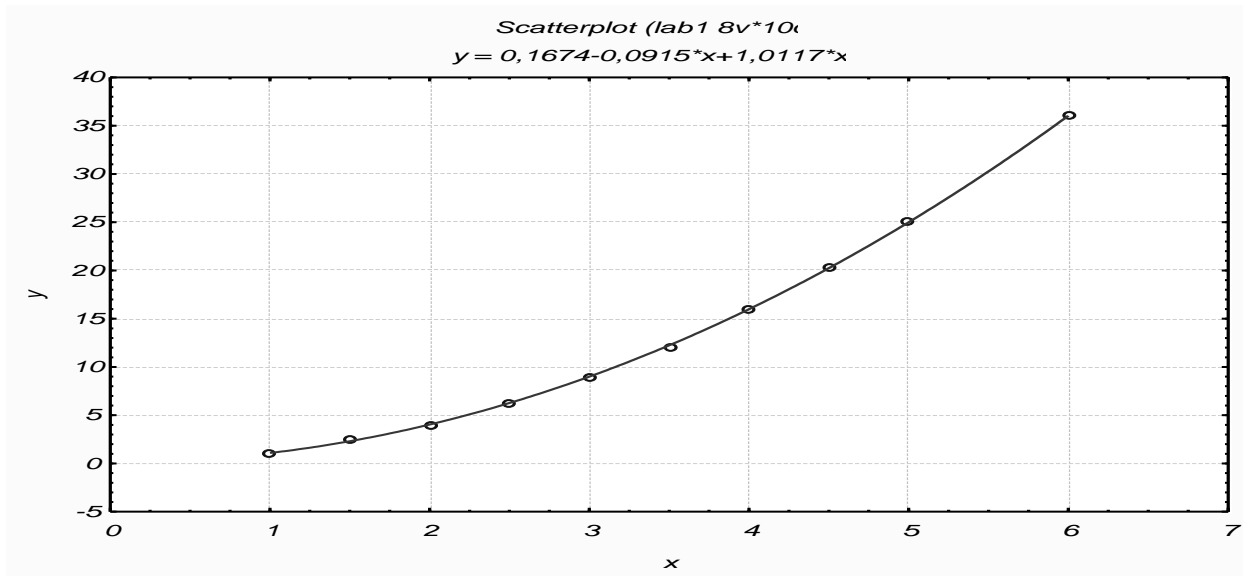


Рисунок 14

8 Розраховуємо прогноз  $Y$  по полиномиальной моделі. Дії аналогічні п. 4. У вікні Long Name вписуємо формулу

$$=0,1674-0,0915*x+1,0117*x^2.$$

Таблиця прийме вигляд, наведений в таблиці 23.

Таблиця 23

x	y	y_l	y_exp	y_pol
1	1	-2,5255	1,79342392	1,0876
1,5	2,	0,89745	2,51576416	2,30647
2	4	4,3204	3,52904254	4,0312
2,5	6,	7,74335	4,95044068	6,26177
3	9	11,1663	6,94433764	8,9982
3,5	1	14,58925	9,74131969	12,2404
4	1	18,0122	13,6648467	15,9886
4,5	2	21,43515	19,168659	20,2425
5	2	24,8581	26,8892506	25,0024

6	3	31,704	52,9118118	36,0396
---	---	--------	------------	---------

**9** Розраховуємо квадрати відхилень вибірових значень від прогнозованих.

Додаємо стовбець kv\_l, формула =  $(y - y_l)^2$ .

Додаємо стовбець kv\_exp, формула =  $(y - y_{exp})^2$ .

Додаємо стовбець kv\_pol, формула =  $(y - y_{pol})^2$ .

Таблиця прийме вид (табл.24):

Таблиця 24

x	y	y_l	y_exp	y_pol	kv_l	kv_exp	kv_pol
1	1	-2,5255	1,79342392	1,0876	12,4291502	0,629521524	0,00767376
1,5	2,5	0,89745	2,51576416	2,306475	2,5681665	0,000248508859	0,0374519256
2	4	4,3204	3,52904254	4,0312	0,10265616	0,221800926	0,00097344
2,5	6,2	7,74335	4,95044068	6,261775	2,38192922	1,56139848	0,00381615062
3	9	11,1663	6,94433764	8,9982	4,69285569	4,22574773	0,00000324
3,5	12,1	14,58925	9,74131969	12,240475	6,19636556	5,56337282	0,0197332256
4	16	18,0122	13,6648467	15,9886	4,04894884	5,452941	0,00012996
4,5	20,4	21,43515	19,168659	20,242575	1,07153552	1,51620074	0,0247826306
5	25	24,8581	26,8892506	25,0024	0,02013561	3,56926773	0,00000576
6	36	31,704	52,9118118	36,0396	18,455616	286,009379	0,00156816

**10** Обчислюємо суму квадратів відхилень. Вибираємо *Statistics - Basic Statistics / Tables* - вкладка *Advanced*. Визначаємо змінні: кнопка *Variables* (kv\_l, kv\_exp, kv\_pol), ОК. Активуємо тільки одну опцію: *Sum* (сума), *Summary*. Суми квадратів відхилень запишуться у вигляді таблиці (табл.25).

Таблиця 25

Variable	Descriptiv
	Sum
kv_l	51,9674
kv_exp	308,7499
kv_pol	0,0961

**11** Вибір моделі за сумою квадратів відхилень. Так як сума квадратів відхилень для поліноміальної моделі найменша (0,0961), то вибираємо поліноміальних модель.

**12** Перевірка лінійної моделі на адекватність. Без додаткових розрахунків *Statistica 6.0* перевіряє на адекватність тільки лінійну модель. *Statistics - Multiple Regression* - кнопка *Variables*. Виділяємо *Y - dependent* (залежна) і *X - independent* (незалежна), ОК, ОК (табл. 26).

Таблиця 26

Statistic	Summary
	Value
Multiple R	0,9768
Multiple R_	0,9542
Adjusted R_	0,9485
F(1,8)	166,6598
p	0,0000
Std.Err. of Estimate	2,5487

У вікні Multiple Regression Results натискаємо кнопку Summary: Regression Results. Результат отримуємо у вигляді таблиці 27.

Таблиця 27

Regression Summary for Dependent Variable: y (lab1)						
R= ,97682991 R_ = ,95419667 Adjusted R_ = ,94847125						
F(1,8)=166,66 p<,00000 Std.Error of estimate: 2,5487						
N=10	Beta	Std.Err. of Beta	B	Std.Err. of B	t(8)	p-level
Intercept			-9,37143	1,926643	-4,86412	0,001249
x	0,976830	0,075666	6,84589	0,530291	12,90968	0,000001

У цій таблиці знаходяться всі необхідні відомості: коефіцієнт кореляції  $R = 0,9768$ , коефіцієнт детермінації ( $R^2$ ) =  $0,94847$ , значення критерію Фішера  $F(1,8) = 166,66$  і значимість цього значення  $p < 0,00000$ ; стандартна помилка апроксимації Std Error of estimate =  $2,5487$ .

У стовпці B знаходяться значення параметрів  $b_0 = -9,37143$ ;  $b_1 = 6,84589$  (порівняйте з рівняннями, отриманими в п.4). Для перевірки значущості коефіцієнтів  $b_0$  і  $b_1$  використовують критерій Стюдента. Якщо значення в стовпці p - level менше  $0,05$ , то з рівнем довіри  $0,95$  (95%) можна стверджувати, що відповідний коефіцієнт значущий. У рівняння моделі включають тільки значущі коефіцієнти.

### Висновок

Введемо позначення: X - фактор, Y - показник. Середні значення  $X_{\text{ср}} = 3,3$ ;  $Y_{\text{ср}} = 13,22$  задають центр області прогнозів. Середнє квадратичне відхилення  $\sigma_x = 1,6021$  характеризує середнє значення розсіювання значень X щодо  $X_{\text{ср}}$ .

Отримано 3 моделі:

1 Лінійна  $y = -9,3714 + 6,8459x$

2 Експоненційна  $y = 0,9114 * e^{0,6769x}$

3 Поліноміальна  $y = 0,1674 - 0,0915x + 1,0117x^2$

Суми квадратів відхилень вибірових значень від розрахованих, відповідно, складають:  $51,9674$ ;  $308,7499$ ;  $0,0961$ .

Так як для поліноміальної моделі сума квадратів відхилень найменша, то вона є оптимальною в даному випадку.



Перевіримо, чи можна для спрощення розрахунків використовувати лінійну модель. Коефіцієнт кореляції  $R = 0,9768$  - значить, лінійна зв'язок тісний. коефіцієнт детермінації  $R^2 = 0,9542$  – значить, загальна якість моделі гарне (95,42% вихідних даних пояснюються отриманої моделлю). Значимість  $F_{\text{набл.}}(P) < 0,00000$  ... Це менше 0,05, значить, з рівнем довіри 0,95 (95%) можна стверджувати, що модель адекватна.

Значення  $p$  - level для коефіцієнта  $b_0$  одно 0,001249, для коефіцієнта  $b_1$  - 0,000001. Обидва ці числа менше 0,05, значить, обидва коефіцієнта значущі, і вони включаються в модель  $y = -9,3714 + 6,8459x$ .

Отже, оптимальною з трьох запропонованих є поліноміальна модель залежності показника  $Y$  від фактора  $X$ , а й лінійну також можна використовувати.

**Примітка.** При виконанні індивідуального завдання вводимо позначення  $X$  і  $Y$  для натуральних змінних. У висновку замість  $X$  і  $Y$  вказуємо задані в умові позначення.

### Індивідуальні завдання

#### Варіант 1

Номер експерименту	Фактор	Показник
1	2	20
2	4	50
3	6	150
4	8	180
5	10	295
6	12	290
7	14	315
8	16	400
9	18	525
10	20	510
11	14	420
12	15,5	550
13	16	570
14	18	720
15	20	700

#### Варіант 2

Номер експерименту	Фактор	Показник
--------------------	--------	----------

1	0	0
2	2	85
3	3	100
4	4	320
5	5	280
6	6	550
7	7	590
8	8	700
9	10	850
10	12	600
11	13	820
12	16	850
13	17	980
14	18	950
15	20	980

*Варіант 3*

Номер експерименту	Фактор	Показник
1	5	6,5
2	10	6,25
3	13	6,7
4	15	5,55
5	17,5	5,45
6	20	5,1
7	22,5	5,6
8	24	4,5
9	27,5	3,8
10	22	4
11	23,5	4,5
12	25	4
13	27	4,25
14	28	3,5
15	30	3,3

*Варіант 4*

Номер експерименту	Фактор	Показник
1	50	1
2	55	0,9
3	100	0,75
4	150	0,6

5	170	0,49
6	220	0,45
7	280	0,25
8	300	0,28
9	320	0,38
10	350	0,25
11	385	0,19
12	200	0,3
13	400	0,15
14	420	0,17
15	450	0,1

*Варіант 5*

Номер експерименту	Фактор	Показник
1	0,25	35
2	0,3	27
3	0,5	18
4	1	15
5	1,25	10
6	1,3	3,8
7	1,5	5
8	1,75	1,9
9	2	5
10	2,25	3,1
11	2,5	4
12	2,75	1,7
13	2,8	3,45
14	2,9	1,2
15	3	3

*Варіант 6*

Номер експерименту	Фактор	Показник
1	15	2300
2	20	2400
3	25	2450
4	30	2500
5	35	2630
6	38	2615
7	40	2640
8	43	2700

9	45	2710
10	48	2735
11	50	2720
12	53	2600
13	55	2735
14	58	2729
15	60	2730

*Варіант 7*

Номер експерименту	Фактор	Показник
1	120	1,2
2	140	2,4
3	160	5,5
4	180	4,6
5	190	5,5
6	200	4,6
7	220	6,3
8	230	6,6
9	240	7
10	200	7,6
11	150	5,5
12	260	7,8
13	280	8,8
14	290	7,95
15	300	8

*Варіант 8*

Номер експерименту	Фактор	Показник
1	0	70
2	0,5	68
3	1	64
4	1,5	70
5	2	57
6	2,5	55
7	3	52
8	3,25	42
9	3,5	48
10	3,75	42
11	4	44
12	4,25	45
13	4,5	53

14	4,75	41
15	5	40

*Варіант 9*

Номер експерименту	Фактор	Показник
1	100	965000
2	90	951000
3	80	923000
4	70	976000
5	65	880000
6	60	820000
7	55	800000
8	50	794000
9	45	680000
10	40	771000
11	35	898000
12	30	794000
13	20	734000
14	10	771000
15	5	705000

*Варіант 10*

Номер експерименту	Фактор	Показник
1	1,3	15
2	1,35	18
3	1,4	19
4	1,45	22
5	1,5	38
6	1,55	55
7	1,6	56
8	1,65	68
9	1,68	66
10	1,7	61
11	1,72	75
12	1,75	80
13	1,8	74
14	1,82	83
15	1,85	85

## Лабораторна робота 6 ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ. ПОВНИЙ ФАКТОРНИЙ ПЛАН $2^2$

### Короткі теоретичні відомості

Під експериментом розуміють сукупність операцій, що здійснюються над об'єктом дослідження з метою отримання інформації про його властивості.

Експеримент, в якому дослідник на свій розсуд може змінювати умови його проведення, називається активним експериментом. Якщо дослідник не може самостійно змінювати умови його проведення, а лише реєструє їх, то це пасивний експеримент.

Досвід - це окрема експериментальна частина.

План експерименту - сукупність даних, що визначають число, умови і порядок проведення експерименту.

Планування експерименту - вибір плану експерименту, що задовольняє заданим вимогам; цілеспрямоване управління експериментом, що реалізовується в умовах неповного знання механізму досліджуваного явища.

Мета планування експерименту - знаходження таких умов і правил проведення дослідів, при яких вдається отримати надійну і достовірну інформацію про об'єкт з найменшою витратою праці, а також представити цю інформацію в компактній і зручній формі з кількісною оцінкою точності.

Нехай розглядається властивість ( $Y$ ) об'єкта залежить від декількох ( $n$ ) незалежних змінних ( $X_1, X_2, \dots, X_n$ ), і необхідно з'ясувати характер цієї залежності  $Y = F(X_1, X_2, \dots, X_n)$ . Незалежні змінні  $X_1 \dots X_n$  називають факторами, величину  $Y$  - відгук, а залежність  $Y = F(X_1, X_2, \dots, X_n)$  - функцією відгуку.

### Завдання до лабораторної роботи

Побудувати план експерименту. Провести аналіз отриманих даних. Побудувати лінійні моделі: без урахування взаємодії факторів ( $y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2$ ) і з урахуванням взаємодії чинників ( $y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_1x_2$ ). Оцінити їх адекватність.

### Приклад виконання лабораторної роботи в пакеті Statistica

**Дано:** побудувати математичну лінійну модель впливу напруги на дузі  $U_d$ ,  $V$ , довжини вильоту електрода  $L$  в, мм, на коефіцієнт втрат  $Y$ , % при зварюванні в середовищі  $CO_2$ . За технологічним міркувань обрана наступна область досліджень:

$$U_d = 20 \dots 30 \text{ В}; \quad L_v = 20 \dots 60 \text{ мм.}$$

Для досліджень застосовуємо факторний план проведення експерименту  $2^2$ .

Нижче, в таблиці 38, наведені результати проведення експерименту. Відповідно до плану було проведено 4 серії дослідів, у кожній комбінації рівнів факторів проводилося по 3 паралельних досвіду. Вимірювалися

значення відгуку функції  $Y$  - коефіцієнт втрат (в таблиці наведені середні значення до 3 паралельним дослідам значень  $Y$ ).

Таблиця 38

№	Уд	Лв	,%
1	20	20	3
2	30	20	0
3	20	60	8
4	30	60	1

## Виконання завдання

### 1 Побудова плану.

В меню Statistics вибираємо пункт Industrial Statistics & Six Sigma - Experimental Design (DOE). У вікні Design & Analysis of Experiments вибираємо 2 \*\* (К-р) standard design (Box, Hunter, & Hunter) (Дробові 2 \*\* (К-р) факторні плани). Відкриється вікно Design & Analysis of Experiments with Two-Level Factors, вкладка Design experiment (рис.15).

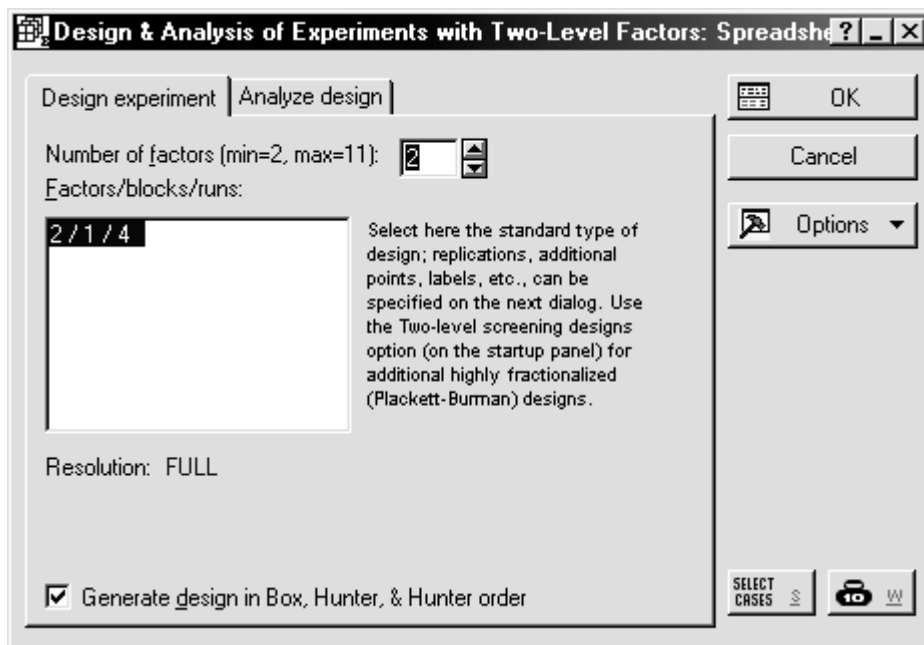


Рисунок 15

Задаємо Number of factors (число факторів) 2, вибираємо рядок 2/1/4 в поле Factors / blocks / runs (фактори / блоки / досліди).

У вікні (рис.16) на вкладці Quick відзначаємо тип плану Standard order (стандартний, що не рандомізований план), натискаємо кнопку Change factor names, values, etc. (Імена факторів, значення).

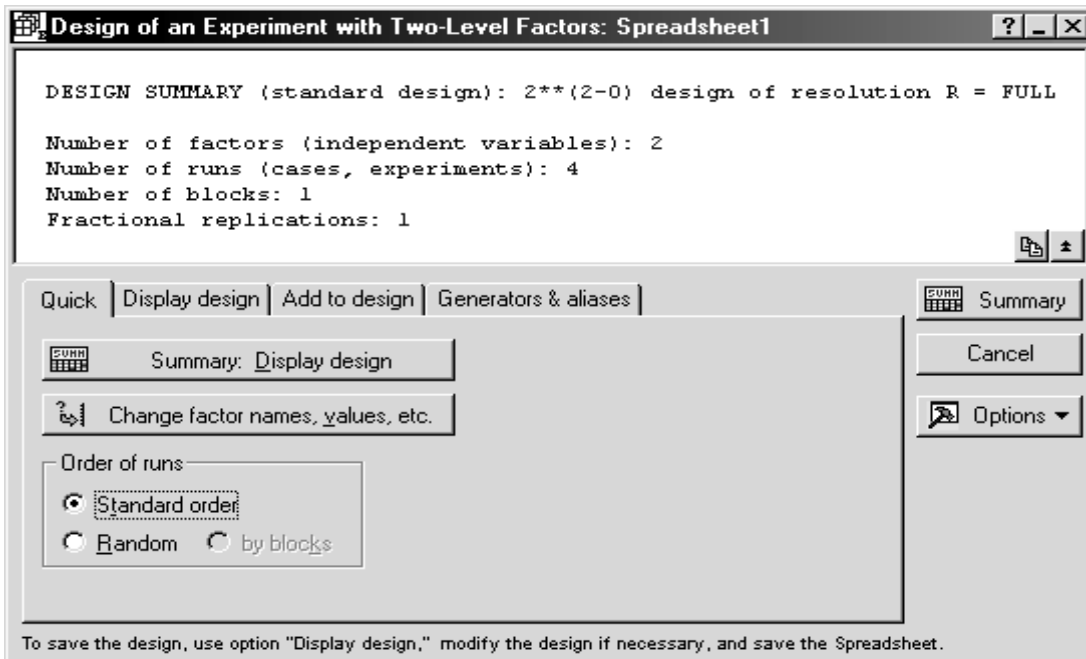


Рисунок 16

У вікні Summary for Variables (Factors) (рис.17) потрібно заповнити наступні стовпчики: Factors Name - імена факторів, Low Value - нижні (найменші) значення факторів, High Value - верхні (найбільші) значення факторів.

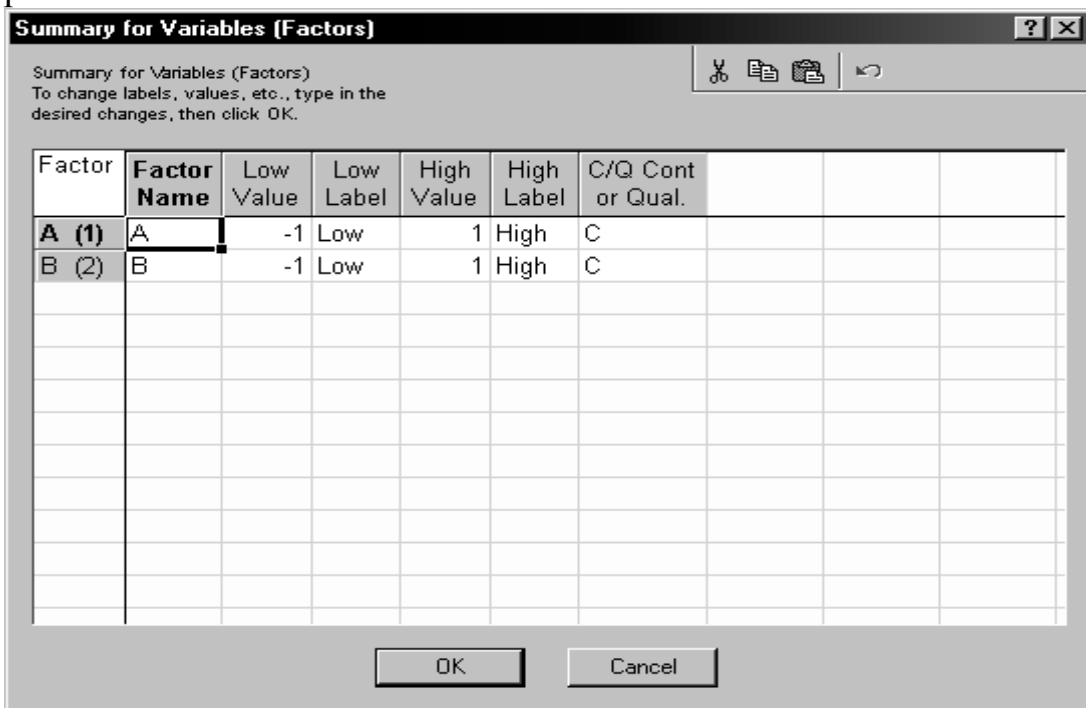


Рисунок 17

Для розглянутого прикладу введемо дані із завдання, як на рис. 18, Ok.



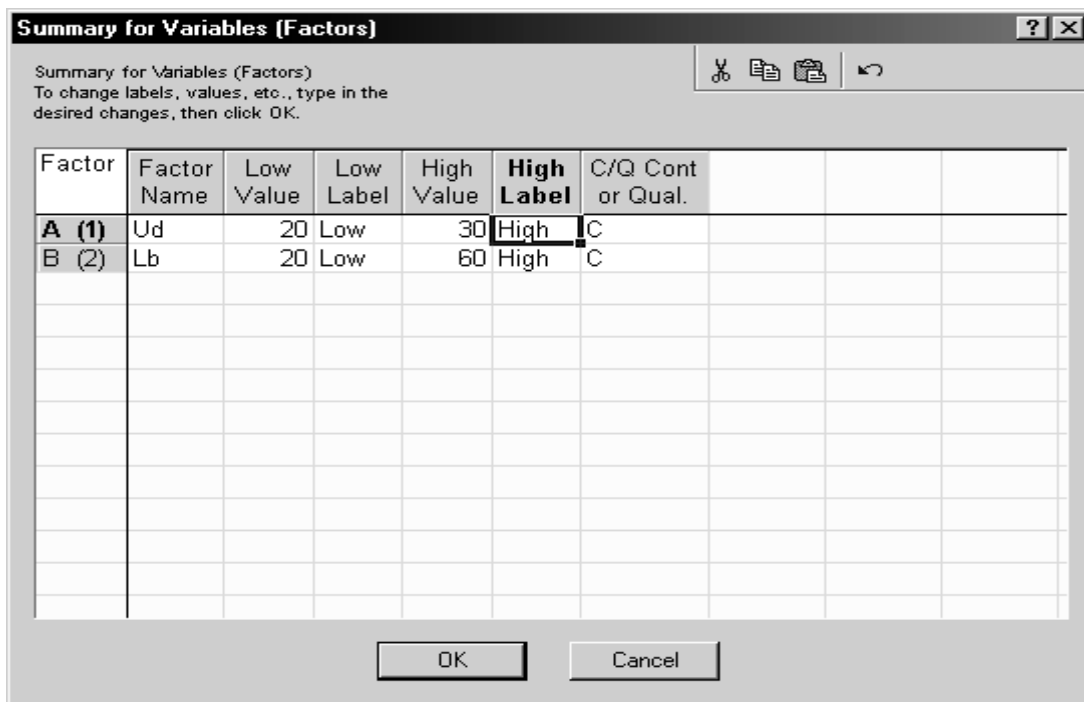


Рисунок 18

У вікні вибираємо вкладку Display design і відзначаємо опції для настройки відображення плану так, як показано на малюнку 19. Натискаємо кнопку Summary.

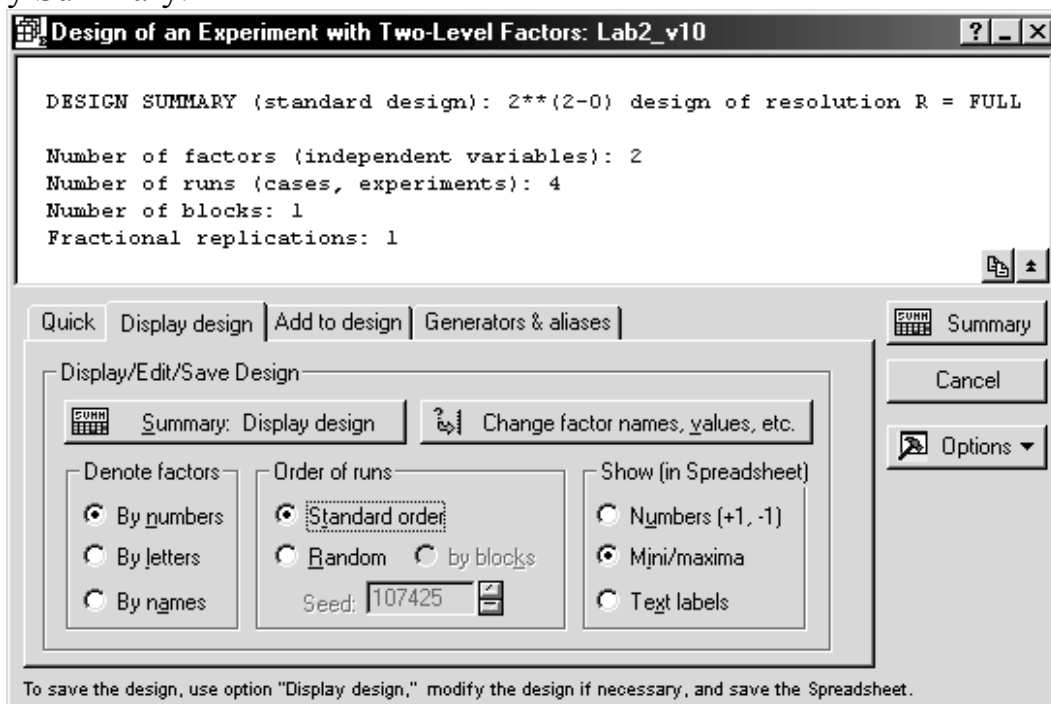


Рисунок 19

Отримаємо таблицю - план факторного експерименту 22 (табл. 39). У ній показано порядок збору експериментальних даних:

Таблиця 39

Standard Run	Design: 2**(2-0) desi	
	Ud	Lb
1	20,00000	20,00000
2	30,00000	20,00000
3	20,00000	60,00000
4	30,00000	60,00000

Перенесемо (скопюємо) її у вікно даних і додамо стовпець результатів проведення експериментів. Для даного прикладу - це коефіцієнт втрат  $Y, \%$ . Отримаємо таблицю 40.

Таблиця 40

	1 Ud	2 Lb	3 Y
1	20,00000	20,00000	33
2	30,00000	20,00000	30
3	20,00000	60,00000	28
4	30,00000	60,00000	31

### *Аналіз експериментальних даних*

#### *Побудова лінійної моделі без урахування взаємодії факторів*

Повертаємося в діалогове вікно Design & Analysis of Experiments with Two\_Level Factors (див. Рис.1), яке у вигляді кнопки знаходиться в нижній частині робочого вікна. Переходимо на вкладку Analyze design. Натискаємо кнопку Variables. Вибираємо в якості залежної (Dependent) змінної -  $Y$ , в якості незалежних (Independent (factors)) змінних - Ud і Lb, ОК, ОК.(рис 20).

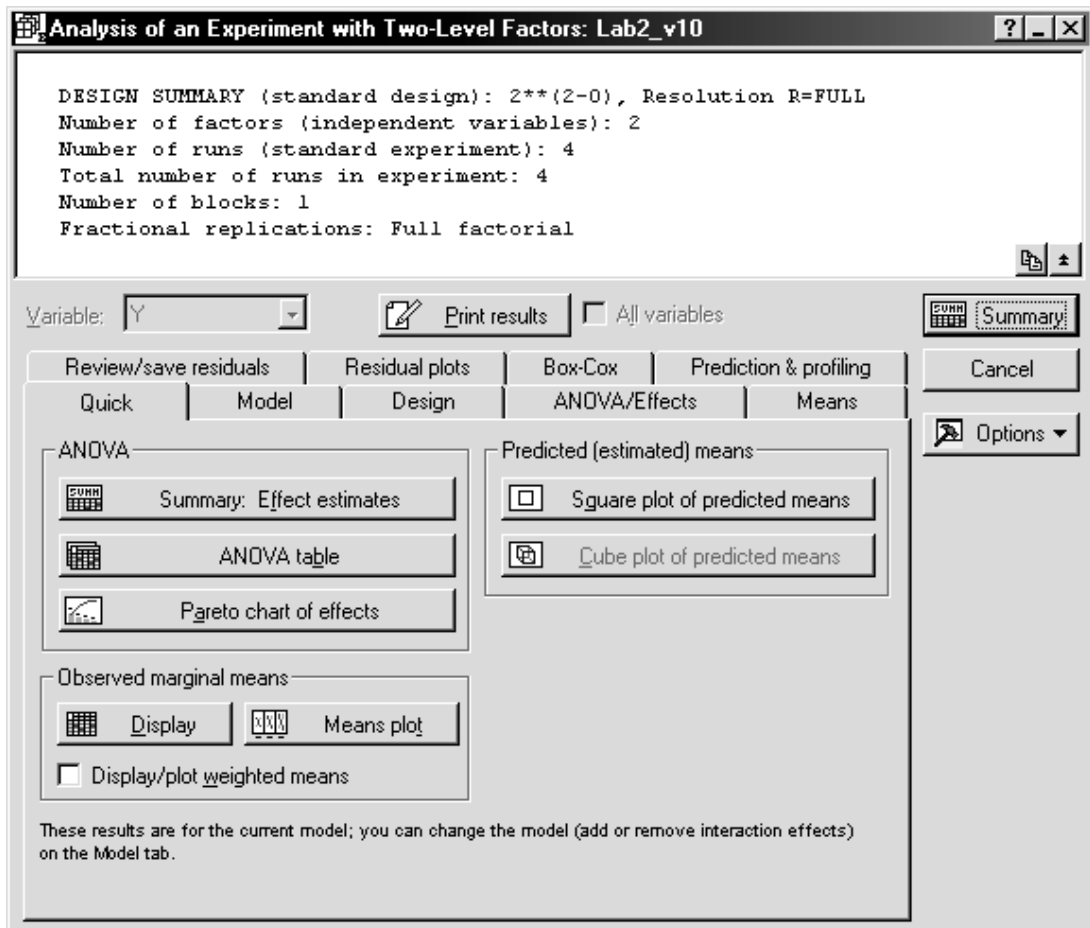


Рисунок 20

У вікні вибираємо:

- на вкладці Model - опцію No interactions (без взаємодії),
- на вкладці ANOVA / Effects кнопку Regressions coefficients.

Отримаємо таблицю коефіцієнтів для лінійної моделі без урахування взаємодії факторів (табл.41).

Таблиця 41

Regr. Coefficients; Var.:Y; R-sqr=,30769; Adj:0, (Lab2_v10) 2**(2-0) design; MS Residual=9, DV: Y						
Factor	Regressn Coeff.	Std.Err.	t(1)	p	-95,% Cnf.Limt	+95,% Cnf.Limt
Mean/Interc.	32,50000	8,215838	3,955774	0,157632	-71,8921	136,8921
(1)Ud	0,00000	0,300000	0,000000	1,000000	-3,8119	3,8119
(2)Lb	-0,05000	0,075000	-0,666667	0,625666	-1,0030	0,9030

Самі коефіцієнти беремо з шпальти **Regressn Coeff.:**  $b_0=32,5$ ;  $b_1=0,0$ ;  $b_2=-0,05$ . Тобто модель можна записати в вигляді:

$$Y = 32,5 + 0 * U_D - 0,05 * L_B$$

$$Y = 32,5 - 0,05 * L_B$$

Фактор Ud не включений в модель. За одну p можна визначити статистичну значимість коефіцієнтів: все числа  $> 0,05$ , отже, коефіцієнти незначущі. Над таблицею наводяться значення: R-sqr = 0,30769 (коефіцієнт

достовірності апроксимації) - загальна якість моделі погане, MS Residual = 9 (стандартна помилка).

Очевидно, що модель не придатна для використання, але для порівняння розрахуємо значення показника Y за цією моделлю.

Додамо в таблицю з даними стовпець Y1 і впишемо в вікно Long name формулу

$$= 32,5 - 0,05 * L_B$$

Одержимо наступний результат (табл.42).

Таблиця 42

	1 Ud	2 Lb	3 Y	4 Y1
1	20,00000	20,00000	33	31,5
2	30,00000	20,00000	30	31,5
3	20,00000	60,00000	28	29,5
4	30,00000	60,00000	31	29,5
5				

Для візуалізації результатів можна побудувати тривимірний і контурний графіки. У вікні Analysis of an Experiment with Two\_Level Factors (див. Рис.20) вибираємо вкладку Prediction & profiling, натискаємо кнопку Surface plot, отримаємо тривимірний графік (рис.21), натискаємо кнопку Contour plot, отримаємо контурний графік (рис.22).

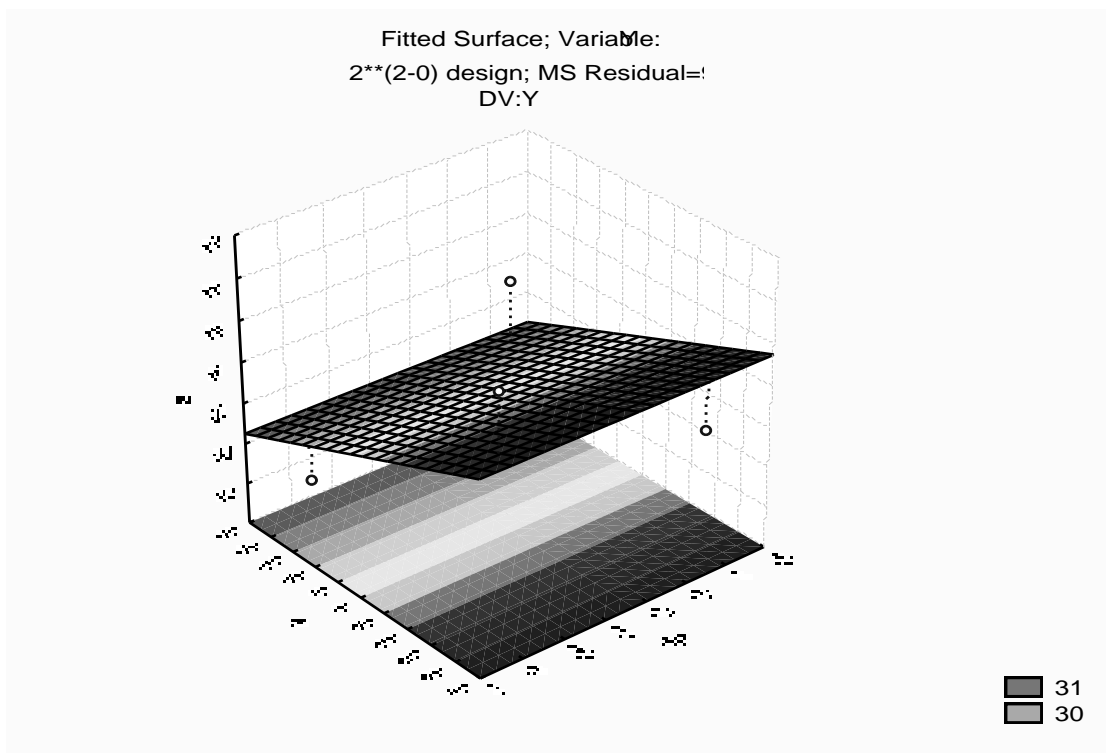


Рисунок 21

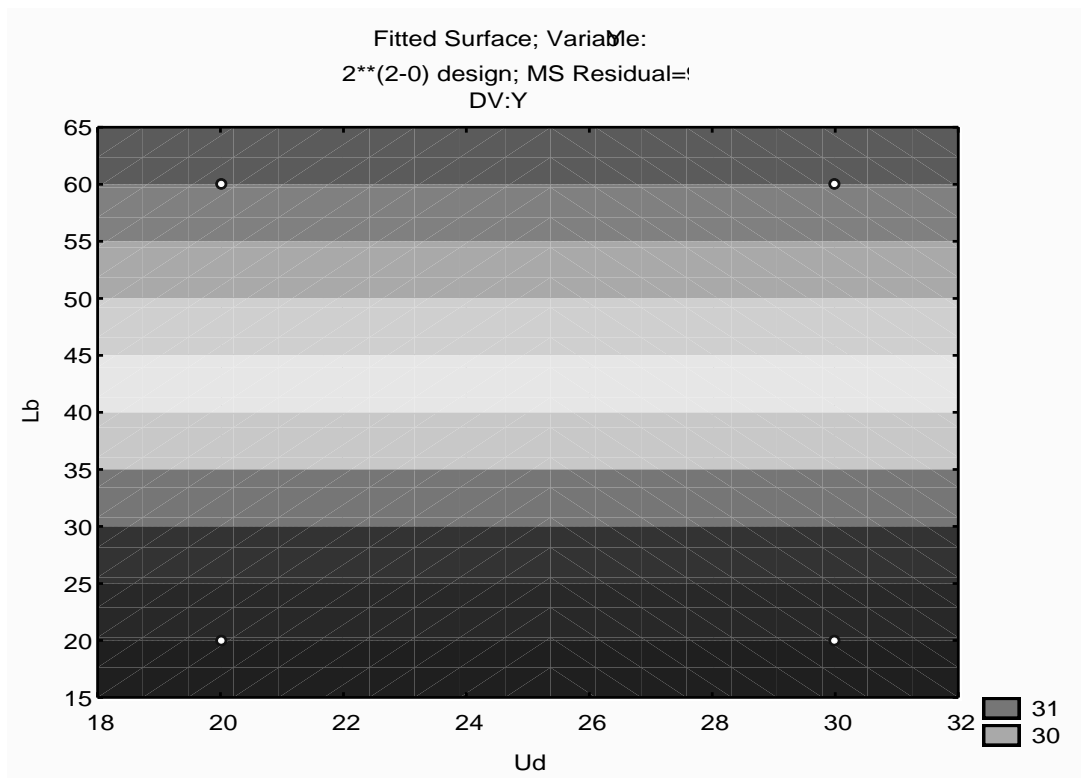


Рисунок 22

**Побудова лінійної моделі з урахуванням взаємодії чинників.** Це модель виду  $y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_1x_2$ .

Послідовність дій аналогічна п.2.1, але на вкладці Model вибираємо опцію 2\_way interactions.

Результати отримуємо у вигляді таблиць 43, 44 і малюнків 23, 24.

Таблиця 43

Regr. Coefficients; Var.:Y; R-sqr=1, (Lab2_v10) 2**(2-0) design DV: Y	
Factors	Regressn
Mean/Interc.	47,50000
(1)Ud	-0,60000
(2)Lb	-0,42500
1 by 2	0,01500

Проаналізуємо таблицю 43.

R-sqr = 1 - якість моделі відмінне. Значний помилок немає - розрахунок вийшов точним.

запишемо модель

$$Y = 47,5 - 0,6 * U_{Д} - 0,425 * L_{В} + 0,015 * U_{Д} * L_{В}$$

Додамо в таблицю стовпець Y2 і у вікні Long name впишемо формулу  
 $= 47,5 - 0,6 * U_{Д} - 0,425 * L_{В} + 0,015 * U_{Д} * L_{В}$

Таблиця 44

	1 Ud	2 Lb	3 Y	4 Y1	5 Y2
1	20,00000	20,00000	33	31,5	33
2	30,00000	20,00000	30	31,5	30
3	20,00000	60,00000	28	29,5	28
4	30,00000	60,00000	31	29,5	31
5					

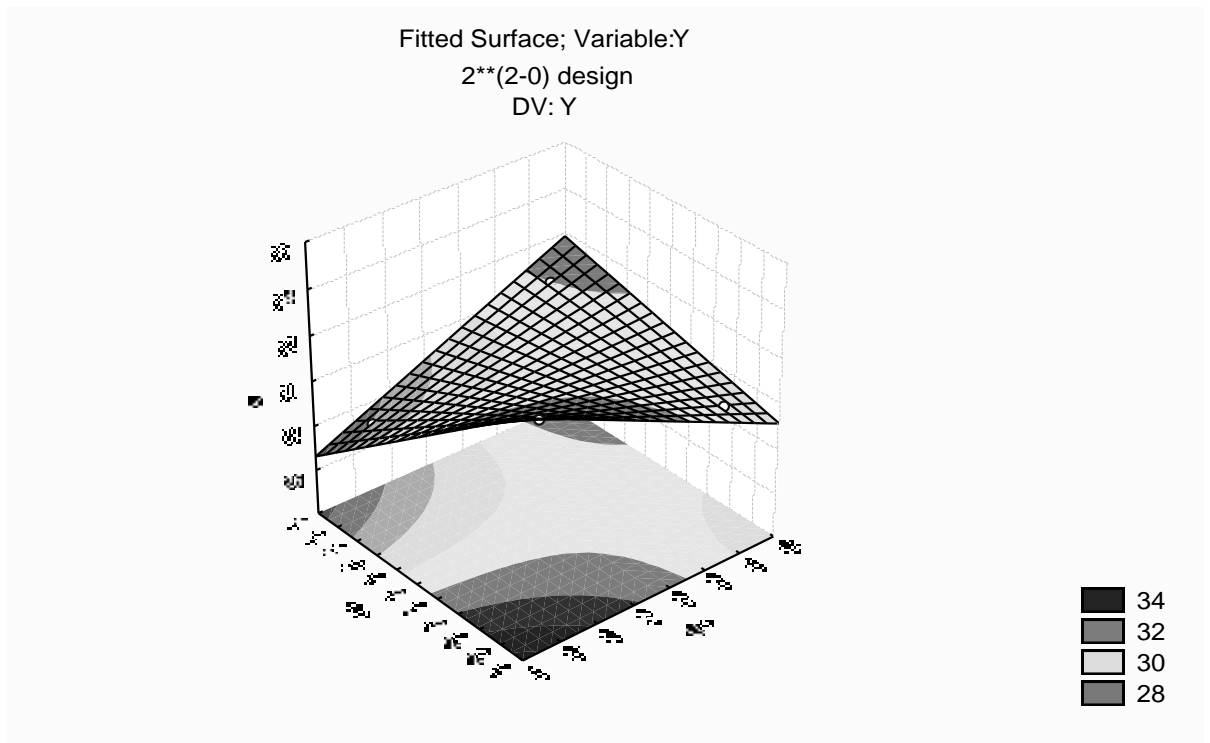


Рисунок 23

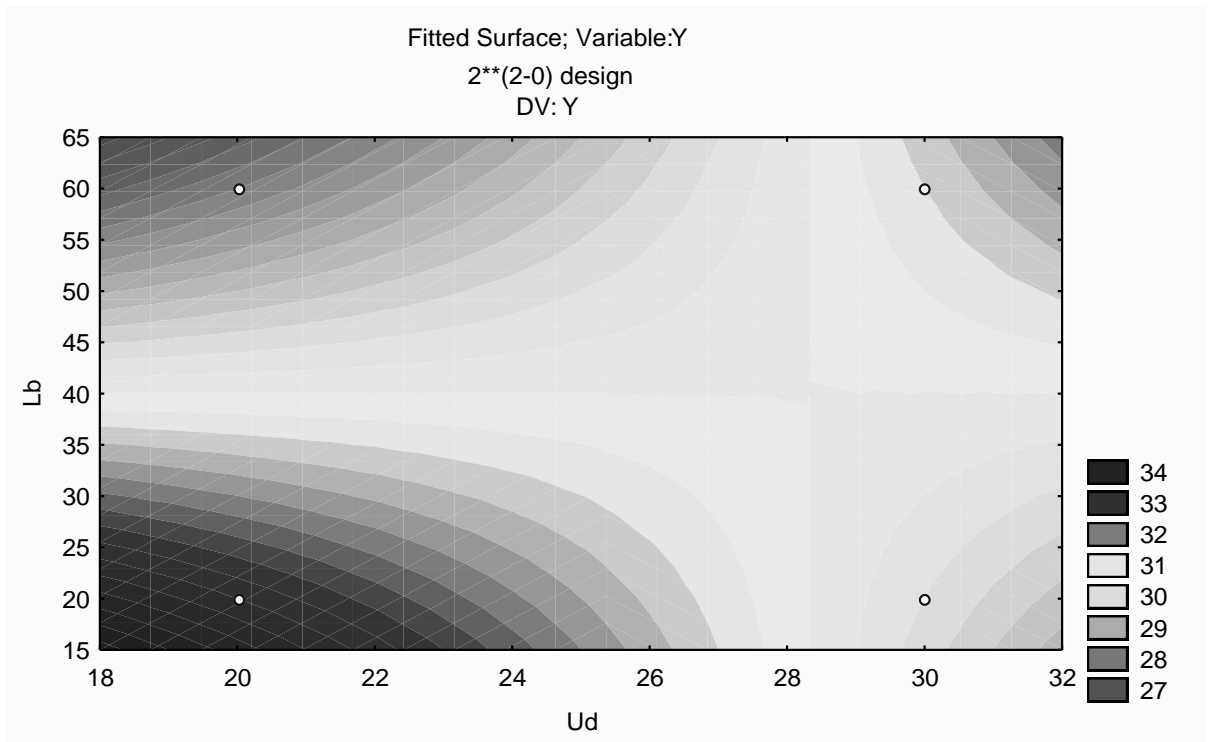


Рисунок 24

Порівнюючи тепер в таблиці 44 значення в стовпці Y (експериментальні дані) і в стовпці Y2 (розраховані за моделлю значення), можна побачити, що вони ідентичні, тобто розрахунок вийшов точним.

На малюнку 23 видно, що поверхня проходить точно через 4 точки плану, за якими визначені коефіцієнти (порівняйте з рис.21). Однак в інших точках області визначення функції, передбачені і дійсні значення, можуть не збігатися.

#### Висновок

Для аналізу впливу напруги на дузі  $U_d$ ,  $V$ , довжини вильоту електрода  $L_v$ , мм, на коефіцієнт втрат  $Y, \%$ , при зварюванні в середовищі  $CO_2$  були побудовані 2 моделі:

$$Y = 32,5 - 0,05 * L_v \quad \text{та}$$

$$Y = 47,5 - 0,6 * U_d - 0,425 * L_v + 0,015 * U_d * L_v$$

Доведено, що адекватною є друга модель, яку можна використовувати для подальших досліджень.

Зауваження. При виконанні індивідуального завдання для зручності запису можна ввести позначення  $X_1$  і  $X_2$  для натуральних змінних. У висновку вказуємо задані в умові назви факторів.

#### Індивідуальне завдання

##### Варіант 1

Побудувати математичну лінійну модель впливу струму зварювання  $I_{св}$ , А, часу зварювання  $t_{св}$ , з, на швидкість плавлення електрода  $V_{пл}$ , мм / с. Виконувалася автоматичне зварювання плавленням в середовищі захисних газів. За технологічним міркувань обрана наступна область досліджень:

$$I_{св} = 100 \dots 180 \text{ А}; t_{св} = 30 \dots 50 \text{ с.}$$

Для досліджень застосовуємо факторний план проведення експерименту  $2^2$ .

Нижче, в таблиці 45 наведені результати проведення експерименту. Відповідно до плану було проведено 4 серії дослідів, в кожному поєднанні рівнів факторів проводилося по 3 паралельних досвіду. Вимірювалися значення відгуку функції  $V_{пл}$  - швидкість плавлення електрода (в таблиці 45 наведені середні значення по 3 паралельним дослідам значень швидкості плавлення електрода).

Таблиця 45 - Умови і результати досвіду

№	$I_{св}$	$t_{св}$	$V_{пл}$
1	100	30	3,2
2	180	30	4,5
3	100	50	3,4
4	180	50	4,9

### **Варіант 2**

Побудувати математичну лінійну модель впливу струму зварювання  $I_{св}$ , А, напруги на дузі  $U_{д}$ , В, на ефективний ККД нагріву електрода. Було зроблене ручна дугова зварка. За технологічним міркувань обрана наступна область досліджень:

$$I_{св} = 100 \dots 180 \text{ А}; U_{д} = 22 \dots 30 \text{ В.}$$

Для досліджень застосовуємо факторний план проведення експерименту  $2^2$ .

Нижче, в таблиці 46 наведені результати проведення експерименту. Відповідно до плану було проведено 4 серії дослідів, в кожному поєднанні рівнів факторів проводилося по 3 паралельних досвіду. Вимірювалися значення відгуку функції  $Q$  - ефективний ККД нагріву електрода (в таблиці 46 наведені середні значення по 3 паралельним дослідам значень ККД нагріву електрода).

Таблиця 46 - Умови і результати експерименту

№	$I_{св}$	$U_{д}$	$Q$
1	100	22	0,23
2	180	22	0,12
3	100	30	0,2
4	180	30	0,91

### **Варіант 3**

Побудувати математичну лінійну модель впливу щільності зварювального струму,  $\gamma$  А/мм<sup>2</sup>, температури термообробки  $T_t$ , °С, на коефіцієнт нерівномірності плавлення електрода  $K_n$ . Виконувалася автоматичне зварювання під флюсом. За технологічним міркувань обрана наступна область досліджень:



$$J_{св} = 8 \dots 14 \text{ А/мм}^2; \quad T_T = 500 \dots 900 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Для досліджень застосовуємо факторний план проведення експерименту  $2^2$ .

Нижче, в таблиці 47 наведені результати проведення експерименту. Відповідно до плану було проведено 4 серії дослідів, у кожній комбінації рівнів факторів проводилося по 3 паралельних досвіду. Вимірювалися значення відгуку функції  $K_n$  - коефіцієнт нерівномірності плавлення електрода (в таблиці 47 наведені середні значення по 3 паралельним дослідом значень коефіцієнта  $K_n$ ).

Таблиця 47 - Умови і результати досвіду

№	$J_{св}$	$T_T$	$K_n$
1	8	500	1,23
2	14	500	1,27
3	8	900	1,17
4	14	900	1,2

#### **Варіант 4**

Побудувати математичну лінійну модель впливу товщини сварюваної пластини  $y$ , мм, часу зварювання  $t_{св}$ , з, на температуру нагрівання пластини товщиною 5 мм. Виконувалася автоматичне зварювання під флюсом для пластини товщиною 5 мм. За технологічним міркувань обрана наступна область досліджень:

$$y = 12 \dots 20 \text{ мм}; \quad t_{св} = 60 \dots 120 \text{ с}.$$

Для досліджень застосовуємо факторний план проведення експерименту  $2^2$ .

Нижче, в таблиці 48 наведені результати проведення експерименту. Відповідно до плану було проведено 4 серії дослідів, в кожному поєднанні рівнів факторів проводилося по 3 паралельних досвіду. Вимірювалися значення відгуку функції  $T_n$  - температура нагріву пластини (в таблиці 48 наведені середні значення по 3 паралельним дослідом значень  $T_n$ ).

Таблиця 48 - Умови і результати досвіду

№	$y$	$t_{св}$	$T_n$
1	12	60	260
2	20	60	240
3	12	120	200
4	20	120	180

#### **Варіант 5**

Побудувати математичну лінійну модель впливу швидкості зварювання  $V_{св}$ , мм / с, температури попереднього підігріву  $T_0$ , К, на швидкість охолодження пластини. Виконувалася зварювання в середовищі захисних газів. За технологічним міркувань обрана наступна область досліджень:

$$V_{св} = 0,3 \dots 1 \text{ мм / с}; \quad T_0 = 290 \dots 530 \text{ К}.$$

Для досліджень застосовуємо факторний план проведення експерименту  $2^2$ .

Нижче, в таблиці 49 наведені результати проведення експерименту. Відповідно до плану було проведено 4 серії дослідів, в кожному поєднанні рівнів факторів проводилося по 3 паралельних досвіду. Вимірювалися значення відгуку функції  $V_{охл}$  - швидкість охолодження пластини (в таблиці 49 наведені середні значення по 3 паралельним дослідом значень швидкості охолодження  $V_{охл}$ ).

Таблиця 49 - Умови і результати досвіду

№	$V_{св}$	$T_0$	$V_{охл}$
1	0,3	290	13
2	1	290	70
3	0,3	530	3
4	1	530	40

### **Варіант 6**

Побудувати математичну лінійну модель впливу швидкості зварювання  $V_{св}$ , мм / с, температури попереднього підігріву  $T_0$ , К, на твердість металу зварного шва HRC. Виконувалася наплавка порошковим дротом діаметром 3 мм. За технологічним міркувань обрана наступна область досліджень:

$$V_{св} = 0,3 \dots 1 \text{ мм / с}; T_0 = 290 \dots 530 \text{ К.}$$

Для досліджень застосовуємо факторний план проведення експерименту  $2^2$ .

Нижче, в таблиці 50 наведені результати проведення експерименту. Відповідно до плану було проведено 4 серії дослідів, в кожному поєднанні рівнів факторів проводилося по 3 паралельних досвіду. Вимірювалися значення відгуку функції HRC - твердість металу зварного шва (в таблиці 50 наведені середні значення по 3 паралельним дослідом значень HRC).

Таблиця 50 - Умови і результати досвіду

№	$V_{св}$	$T_0$	HRC
1	0,3	290	40
2	1	290	55
3	0,3	530	30
4	1	530	52

### **Варіант 7**

Побудувати математичну лінійну модель впливу струму зварювання  $I_{св}$ , А, швидкості зварювання  $V_{св}$ , мм / с, на глибину проплавлення шва  $b$ , мм, при зварюванні під флюсом. За технологічним міркувань обрана наступна область досліджень:

$$I_{св} = 150 \dots 250 \text{ А}; V_{св} = 0,34 \dots 0,54 \text{ мм / с.}$$

Для досліджень застосовуємо факторний план проведення експерименту  $2^2$ .

Нижче, в таблиці 51 наведені результати проведення експерименту. Відповідно до плану було проведено 4 серії дослідів, в кожному поєднанні рівнів факторів проводилося по 3 паралельних досвіду. Вимірювалися значення відгуку функції  $b$  - глибинапроплавлення зварного шва (в таблиці 51 наведені середні значення по 3 паралельним дослідам значень глибини проплавлення  $b$ ).

Таблиця 51 - Умови і результати досвіду

№	$I_{св}$	$V_{св}$	$b$ , мм
1	150	0,34	2,1
2	250	0,34	1,8
3	150	0,54	3,6
4	250	0,54	3,3

### **Варіант 8**

Побудувати математичну лінійну модель впливу швидкості зварювання  $V_{св}$ , мм / с, струму зварювання  $I_{св}$ , А, на ширину наплавленого валика  $b$ , мм, при зварюванні в середовищі захисних газів. За технологічним міркувань обрана наступна область досліджень:

$$V_{св} = 0,34 \dots 0,54 \text{ мм / с}; I_{св} = 150 \dots 250 \text{ А.}$$

Для досліджень застосовуємо факторний план проведення експерименту  $2^2$ .

Нижче, в таблиці 52 наведені результати проведення експерименту. Відповідно до плану було проведено 4 серії дослідів, в кожному поєднанні рівнів факторів проводилося по 3 паралельних досвіду. Вимірювалися значення відгуку функції  $b$  - ширина наплавленого валика (в таблиці 52 наведені середні значення по 3 паралельним дослідам значень  $b$ ).

Таблиця 52 - Умови і результати досвіду

№	$V_{св}$	$I_{св}$	$b$ , мм
1	0,34	150	11
2	0,54	150	9,9
3	0,34	250	15,2
4	0,54	250	14,2

### **Варіант 9**

Побудувати математичну лінійну модель впливу швидкості зварювання  $V_{св}$ , мм / с, напруги на дузі  $U_d$ , В, на ширину наплавленого валика  $b$ , мм при зварюванні в середовищі захисних газів. За технологічним міркувань обрана наступна область досліджень:

$$U_d = 32-36 \text{ В}; V_{св} = 0,34-0,54 \text{ мм / с}$$

Для досліджень застосовуємо факторний план проведення експерименту  $2^2$ .

Нижче в таблиці 53 наведені результати проведення експерименту. Відповідно до плану було проведено 4 серії дослідів, в кожному поєднанні рівнів факторів проводилося по 3 паралельних досвіду. Вимірювалися значення відгуку функції  $b$  - ширина наплавленого валика (в таблиці 53 наведені середні значення по 3 паралельним дослідом значень  $b$ ).

Таблиця 53 - Умови і результати досвіду

№	Уд	V <sub>св</sub>	b, мм
1	32	0,34	13,1
2	36	0,34	15,3
3	32	0,54	14,1
4	36	0,54	9,5

### **Варіант 10**

Побудувати математичну лінійну модель впливу щільності струму  $j$ , А/мм<sup>2</sup>, часу протікання струму  $t$ , с, на температуру нагрівання оболонки порошкового електрода  $T$ , °С. Виконувалася ручна дугова зварка. За технологічним міркувань обрана наступна область досліджень:

$$j = 20 \dots 40 \text{ А/мм}^2; \quad t = 10 \dots 20 \text{ с.}$$

Для досліджень застосовуємо факторний план проведення експерименту  $2^2$ .

Нижче, в таблиці 54 наведені результати проведення експерименту. Відповідно до плану було проведено 4 серії дослідів, у кожній комбінації рівнів факторів проводилося по 3 паралельних досвіду. Вимірювалися значення відгуку функції  $T$ , °С – температура нагріву оболонки порошкового електрода (в таблиці 54 наведені середні значення по 3 паралельним дослідом значень температури нагріву).

Таблиця 54 - Умови і результати досвіду

№	J	t	T, С
1	20	10	210
2	40	10	370
3	20	20	620
4	40	20	950

### **Лабораторна робота 7**

## **ТЕМА РІШЕННЯ ЗАДАЧ ЛІНІЙНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ЗАСОБАМИ ПАКЕТУ MS EXCEL**

завдання

Знайти максимум лінійної функції при заданій системі обмежень.

Вариант	Целевая функция $F$	Ограничения
1	$F = 2x_1 + 3x_2$	$\begin{cases} x_1 + 3x_2 \leq 9 \\ x_1 + x_2 \leq 7 \end{cases} \quad \begin{cases} x_1 \geq 0 \\ x_2 \geq 0 \end{cases}$
2	$F = 3x_1 + 2x_2$	$\begin{cases} 2x_1 + 3x_2 \leq 12 \\ 2x_1 + x_2 \leq 8 \end{cases} \quad \begin{cases} x_1 \geq 0 \\ x_2 \geq 0 \end{cases}$
3	$F = 2x_1 + 3x_2$	$\begin{cases} x_1 + x_2 \leq 4 \\ x_1 + 2x_2 \leq 6 \end{cases} \quad \begin{cases} x_1 \geq 0 \\ x_2 \geq 0 \end{cases}$
4	$F = 3x_1 + 2x_2$	$\begin{cases} x_1 + x_2 \leq 4 \\ 2x_1 + x_2 \leq 6 \end{cases} \quad \begin{cases} x_1 \geq 0 \\ x_2 \geq 0 \end{cases}$
5	$F = x_1 + x_2$	$\begin{cases} x_1 + 2x_2 \leq 8 \\ 3x_1 + 2x_2 \leq 18 \end{cases} \quad \begin{cases} x_1 \geq 0 \\ x_2 \geq 0 \end{cases}$
6	$F = x_1 + 3x_2$	$\begin{cases} 3x_1 + 2x_2 \leq 12 \\ x_1 + 2x_2 \leq 8 \end{cases} \quad \begin{cases} x_1 \geq 0 \\ x_2 \geq 0 \end{cases}$
7	$F = 2x_1 + 3x_2$	$\begin{cases} x_1 + 2x_2 \leq 10 \\ x_1 + x_2 \leq 7 \end{cases} \quad \begin{cases} x_1 \geq 0 \\ x_2 \geq 0 \end{cases}$
8	$F = 2x_1 + 3x_2$	$\begin{cases} x_1 + x_2 \leq 8 \\ x_1 + 3x_2 \leq 18 \end{cases} \quad \begin{cases} x_1 \geq 0 \\ x_2 \geq 0 \end{cases}$
9	$F = 3x_1 + 5x_2$	$\begin{cases} x_1 + 2x_2 \leq 8 \\ x_1 + x_2 \leq 6 \end{cases} \quad \begin{cases} x_1 \geq 0 \\ x_2 \geq 0 \end{cases}$
10	$F = x_1 + x_2$	$\begin{cases} x_1 + 3x_2 \leq 9 \\ 2x_1 + x_2 \leq 8 \end{cases} \quad \begin{cases} x_1 \geq 0 \\ x_2 \geq 0 \end{cases}$
11	$F = 3x_1 + 5x_2$	$\begin{cases} 2x_1 + 5x_2 \leq 9 \\ 4x_1 + 3x_2 \leq 7 \end{cases} \quad \begin{cases} x_1 \geq 0 \\ x_2 \geq 0 \end{cases}$
12	$F = 10x_1 + 3x_2$	$\begin{cases} 2x_1 + 3x_2 \leq 33 \\ x_1 - 2x_2 \leq 6 \end{cases} \quad \begin{cases} x_1 \geq 0 \\ x_2 \geq 0 \end{cases}$
13	$F = x_1 + x_2$	$\begin{cases} 3x_1 - x_2 \leq 1 \\ 2x_1 + x_2 \leq 2 \end{cases} \quad \begin{cases} x_1 \geq 0 \\ x_2 \geq 0 \end{cases}$
14	$F = 5x_1 + 2x_2$	$\begin{cases} 4x_1 + x_2 \leq 11 \\ x_1 + 2x_2 \leq 13 \end{cases} \quad \begin{cases} x_1 \geq 0 \\ x_2 \geq 0 \end{cases}$
15	$F = 25x_1 + 13x_2$	$\begin{cases} x_1 + 3x_2 \leq 9 \\ 2x_1 + x_2 \leq 7 \end{cases} \quad \begin{cases} x_1 \geq 0 \\ x_2 \geq 0 \end{cases}$

### Теоретичні відомості

Завдання оптимізації - це математична модель певного процесу виробництва продукції, його розподіл, зберігання, переробки, транспортування, покупки або продажу, виконання комплексу сервісних послуг і т.д. Це звичайна математична задача типу: Дано / Знайти / За умови, але яка має безліч можливих рішень. Таким чином, завдання оптимізації - завдання вибору з безлічі можливих варіантів найкращого, оптимального.

Кожне завдання оптимізації обов'язково повинна мати три компоненти:

- невідомі (що шукаємо, тобто, план);
- обмеження на невідомі (область пошуку);
- цільова функція (мета, для якої шукаємо екстремум).

Лінійне програмування - найбільш розвинений розділ математичного програмування, обчислювальні засоби якого дозволяють знаходити глобальний оптимум лінійної задачі оптимізації.

При постановці завдання оптимізації необхідно:

1. Наявність об'єкта оптимізації і мети оптимізації. При цьому формулювання кожного завдання оптимізації повинна вимагати екстремального значення лише однієї величини, тобто одночасно системі не повинно приписуватися два і більше критеріїв оптимізації, тому що практично завжди екстремум одного критерію не відповідає екстремуму іншого.

2. Наявність ресурсів оптимізації, під якими розуміють можливість вибору значень деяких параметрів оптимізуемого об'єкта.

3. Можливість кількісної оцінки оптимізується величини, оскільки тільки в цьому випадку можна порівнювати ефекти від вибору тих чи інших дій, що управляють.

4. Облік обмежень.

Таким чином, завдання оптимізації зводиться до знаходження екстремуму цільової функції.

Завдання лінійного програмування полягає в наступному: максимізувати (мінімізувати) лінійну функцію

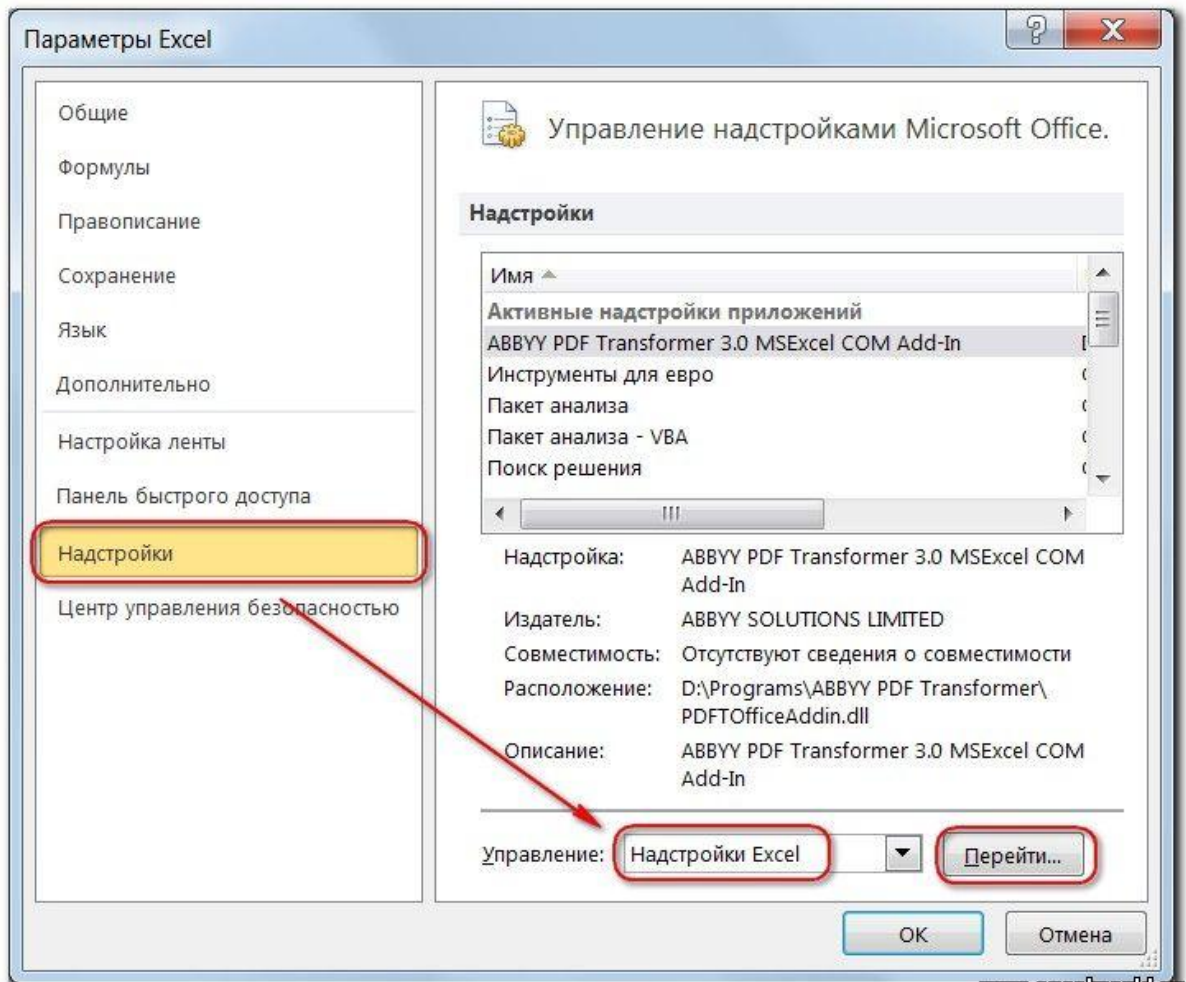
$$f(x) = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n, \text{ где } x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$$

при обмеженнях

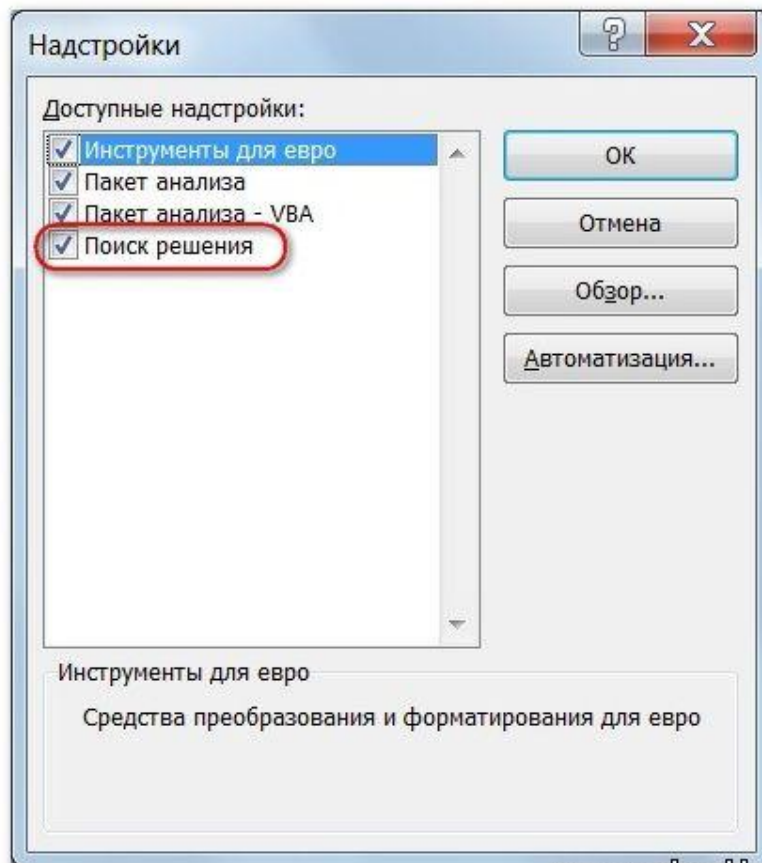
$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n} \leq b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n} \leq b_2 \\ \dots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn} \leq b_m \end{cases}$$

$$\text{причому все } x_j \geq 0 \quad (j = 1, n)$$

Електронні таблиці Excel фірми Microsoft мають вбудовані засоби вирішення завдань пошуку екстремуму, оформлені у вигляді так званої надбудови Пошук рішення

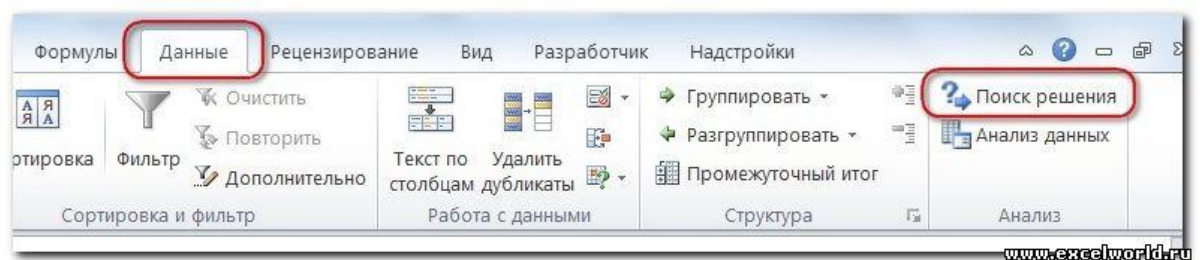


www.excelworld.ru



www.excelworld.ru

Починаючи з версії Excel 2007 кнопка для запуску Пошуку рішення з'явиться на вкладці Дані.



*Приклад. Завдання визначення оптимального асортименту продукції*  
 Підприємство виготовляє два види продукції - П1 і П2, яка посту-  
 Паєт в оптовий продаж. Для виробництва продукції використовуються два  
 види сировини - А і В. Максимально можливі запаси сировини в добу  
 становлять 9 і 13 од. відповідно. Витрата сировини на одиницю продукції  
 виду П1 і П2 - табл. 1.

Таблица 1

Сырье	Расход сырья на 1 ед. продукции		Запас сырья, ед.
	П <sub>1</sub>	П <sub>2</sub>	
А	2	3	9
В	3	2	13

Досвід роботи показав, що добовий попит на продукцію П1 ніколи не перевищує попиту на продукцію П2 більш ніж на 1 од. Крім того, відомо, що попит на продукцію П2 ніколи не перевищує 2 од. на добу. Оптові ціни одиниці продукції дорівнюють: 3 д. Е. - для П1 і 4 д. Е. - для П2.

Яка кількість продукції кожного виду має виробляти підприємство, щоб дохід від реалізації продукції був максимальним?

Рішення. Побудуємо математичну модель для вирішення поставленого завдання.

Припустимо, що підприємство виготовить  $x_1$  одиниць продукції П1 і  $x_2$  одиниць продукції П2. Оскільки виробництво продукції обмежена наявними в розпорядженні підприємства сировиною кожного виду і попитом на дану продукцію, а також враховуючи, що кількість виготовлених виробів не може бути негативним, повинні виконуватися наступні нерівності:

$$2x_1 + 3x_2 \leq 9,$$

$$3x_1 + 2x_2 \leq 13,$$

$$x_1 - x_2 \leq 1,$$

$$x_2 \leq 2,$$

$$x_1 \geq 0,$$

$$x_2 \geq 0.$$

Дохід від реалізації  $x_1$  одиниць продукції П1 і  $x_2$  одиниць продукції П2 складе  $F=3x_1+4x_2$



Серед всіх невід'ємних розв'язків даної системи лінійних нерівностей потрібно знайти таке, при якому функція  $F$  приймає максимальне значення  $F_{\max}$ .

Вже згадана завдання відноситься до розряду типових задач оптимізації виробничої програми підприємства. В якості критеріїв оптимальності в цих завданнях можуть бути також використані: прибуток, собівартість, номенклатура продукції, що виробляється і витрати верстатного часу.

Створимо на робочому аркуші форму для введення вихідних даних (рис. 3). Заливкою виділені осередки для введення функцій.

	A	B	C	D	E	F	G
1		Переменные					
2		x1	x2				
3	Значения искоемых переменных						
4					Целевая функция		
5	Коэффициенты в уравнении целевой функции		3	4			
6							
7		Ограничения		Левая			
8		Расход сырья на 1 ед. продукции		часть			Запас
9	Сырье	П1	П2	неравенств	Знак		сырья
10	A	2	3		<=		9
11	B	3	2		<=		13

Рис. 3

Використовуючи позначення відповідних осередків в Excel, формулу для розрахунку цільової функції можна записати як суму добутків кожної з осередків, відведеної для значень змінних задачі (B3, C3), на відповідні осередки, відведені для коефіцієнтів цільової функції (B5, C5).

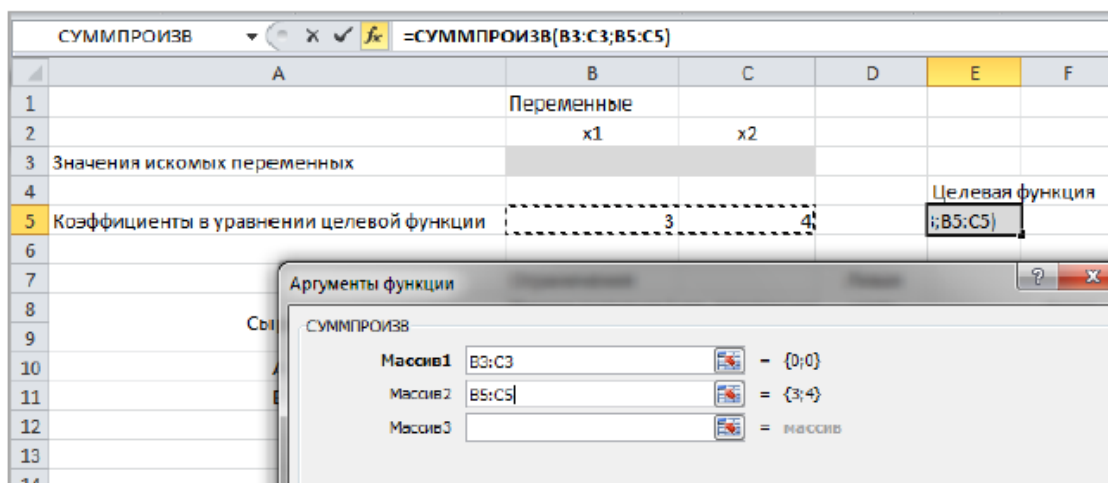


Рис. 4

Аналогично в ячейки D10:D11 введены формулы для расчета левой части ограничений (рис. 5).

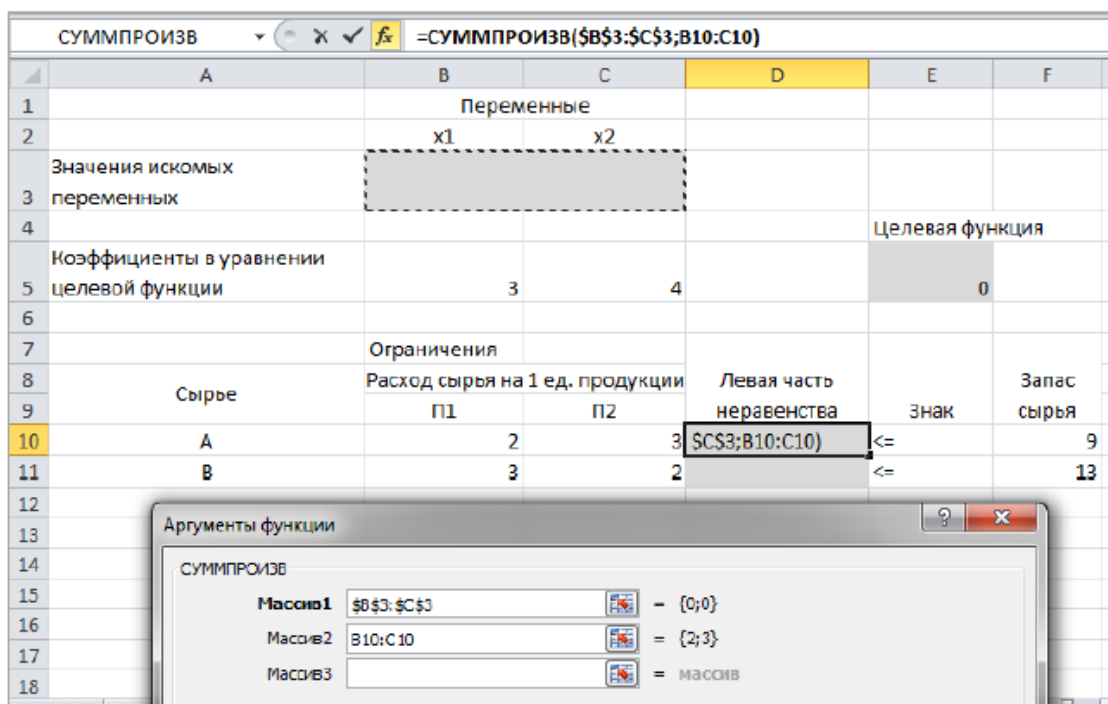


Рис. 5

- На вкладці Дані в групі Аналіз виберемо команду Пошук рішення.
- У діалоговому вікні Параметри пошуку рішення встановимо наступне
  - в поле Оптимізувати цільову функцію вибираємо осередок зі значенням цільової функції - E5;
  - вибираємо, максимізувати або мінімізувати цільову функцію;
  - в поле Змінюючи осередки змінних вибираємо осередку зі значеннями шуканих змінних B3: C3 (поки в них нулі або порожньо);
  - в області Згідно з обмеженнями за допомогою кнопки Додати розміщуємо всі обмеження нашої задачі (рис. 7);

- в поле Виберіть метод вирішення вказуємо Пошук рішення лінійних задач симплекс-методом;
- натискаємо кнопку Знайти рішення.

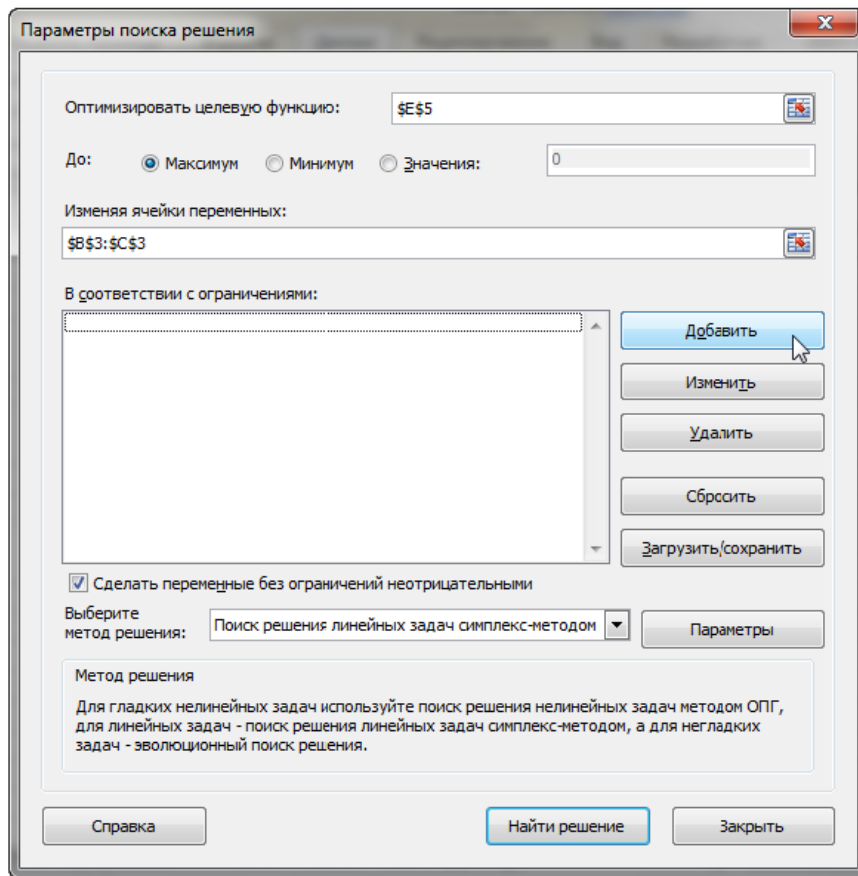


Рис. 6

Додаємо обмеження для нашої задачі. для нерівностей вказуємо в полі Посилання на осередки діапазон D10: D11, вибираємо в списку знак нерівності, в поле Обмеження виділяємо діапазон F10: F11 і натискаємо кнопку Додати (рис. 7), щоб прийняти обмеження і додати такі обмеження. Для прийняття обмеження і повернення до діалогового вікна Пошук рішення натисніть кнопку Ok.

	A	B	C	D	E	F
1		Переменные				
2		x1	x2			
3	Значения искомым переменных					
4					Целевая функция	
5	Коэффициенты в уравнении целевой функции	3	4		0	
6						
7		Ограничения				
8	Сырье	Расход сырья на 1 ед. продукции		Левая часть неравенства	Знак	Запас сырья
9		П1	П2			
10	A	2	3	0 <=		9
11	B	3	2	0 <=		13
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						

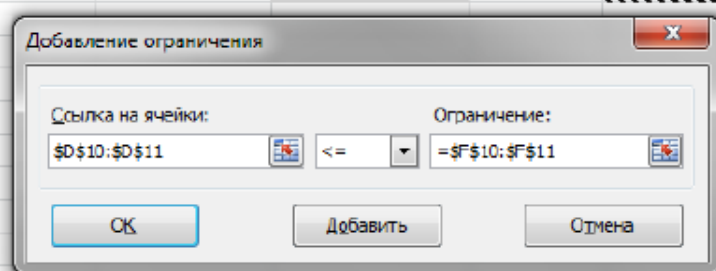


Рис. 7

Покажем окна для добавления ограничений :  
 $x_1 - x_2 \leq 1$  преобразуем в  $x_1 \leq x_2 + 1$  (рис. 8);

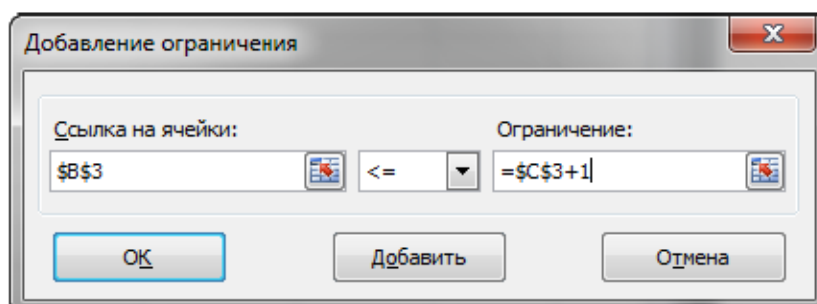


Рис. 8

$x_2 \leq 2$  (рис. 9);

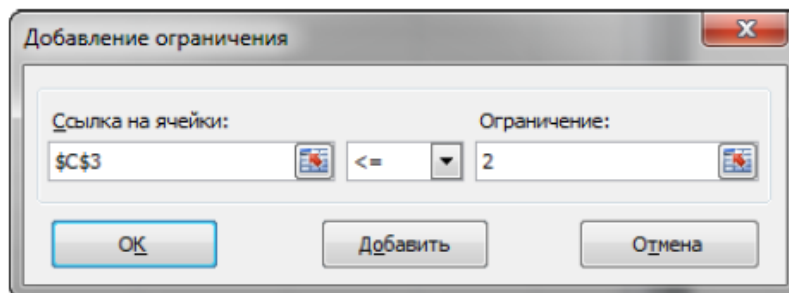


Рис. 9

$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0$  (рис. 10).

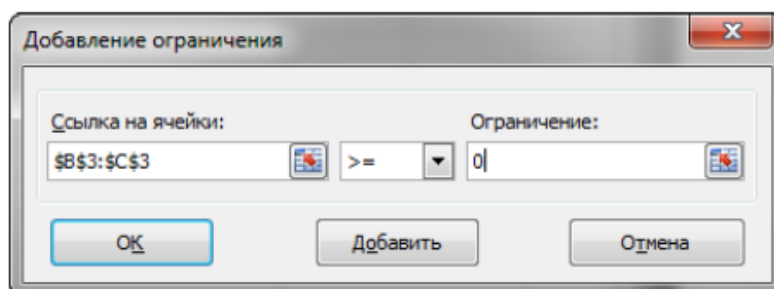


Рис. 10

После выбора кнопки **Найти решение** появляется окно **Результаты поиска решения** (рис. 11).

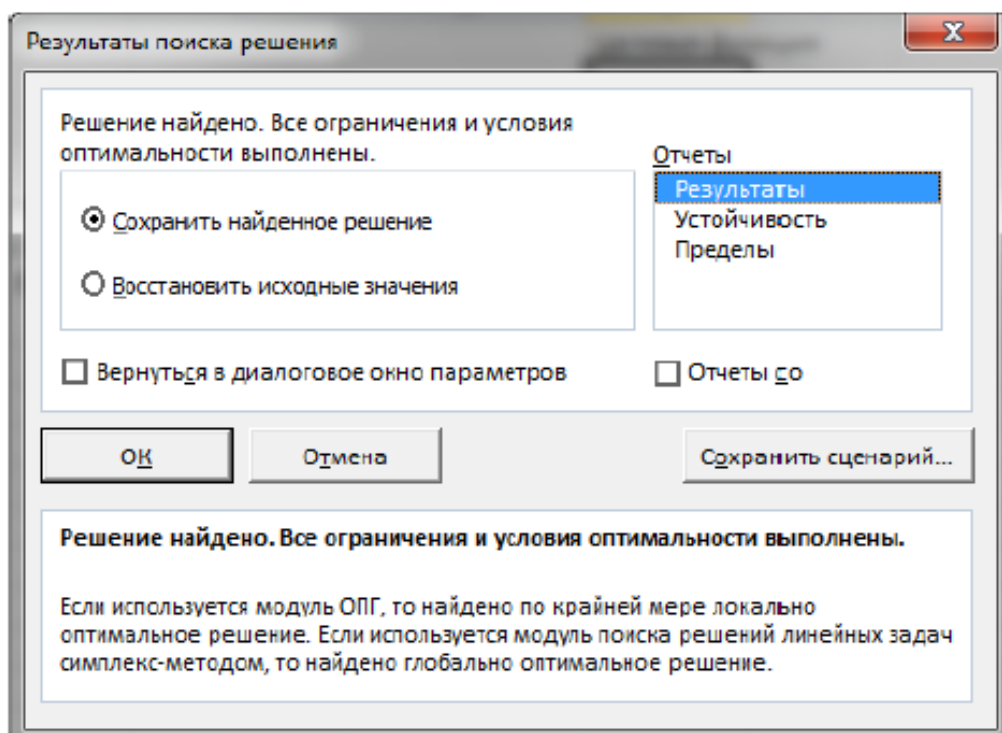


Рис. 11

Для збереження отриманого рішення необхідно використовувати перемикач **Зберегти знайдене рішення** в вікні діалогу **Результаты поиска решения**. Після чого робочий лист прийме вигляд, представлений на рис. 12.

	Д	В	С	Д	Е	Ф
1		Переменные				
2		x1	x2			
3	Значения искомым переменных	2,4	1,4			
4					Целевая функция	
5	Коэффициенты в уравнении целевой функции	3	4		12,8	
6						
7		Ограничения				
8		Расход сырья на 1 ед. продукции		Левая часть неравенства		Запас сырья
9	Сырье	П1	П2		Знак	
10	А	2	3	9 <=		9
11	В	3	2	10 <=		13
12						

Рис. 12

Зберегти модель пошуку рішення можна наступним чином:

1) при збереженні книги Excel після пошуку рішення все значення, введені в вікнах діалогу Пошук рішення, зберігаються разом з даними робочого аркуша. З кожним робочим листом в робочій книзі можна зберегти один набір значень параметрів Пошуку рішення;

2) якщо в межах одного робочого листа Excel необхідно розглянути кілька моделей оптимізації (наприклад, знайти максимум і мінімум од-ної функції або максимальні значення декількох функцій), то зручніше со-зберігати ці моделі, використовуючи кнопку Завантажити / Зберегти вікна Параметри пошуку рішення. Діапазон для зберігається моделі містить інформацію про цільовій комірці, про змінюваних осередках, про кожного з обмежень і все значення діалогу Параметри. Вибір моделі для вирішення конкретної оптимізаційної задачі здійснюється за допомогою кнопки Завантажити / зберегти діалогового вікна Параметри пошуку рішення;

3) зберегти модель можна в вигляді іменованих сценаріїв, для цього необхідно натиснути на кнопку Зберегти сценарій діалогового вікна Результати пошуку рішень (див. Рис. 11).

Крім вставки оптимальних значень в змінювані осередки, Пошук ре-шення дозволяє представляти результати у вигляді трьох звітів (Результати, Стійкість і Межі).

Для генерації одного або декількох звітів необхідно виділити їх назви у вікні діалогу Результати пошуку рішення (рис. 11).

Лабораторна робота № 8

**ТЕМА АПРОКСИМАЦІЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ**

**Індивідуальні завдання**

**Варіант 1**

Апроксимувати представлену в таблиці експериментальну залежність механічного ККД трансмісії  $K_i$  від ступеня завантаження двигуна  $H_i$ .

$H_i$	0,01	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,85
-------	------	-----	-----	-----	-----	-----	------

$K_i$	0,01	0,45	0,70	0,80	0,85	0,88	0,9
-------	------	------	------	------	------	------	-----

### Варіант 2

Апроксимувати представлену в таблиці експериментальну залежність коефіцієнта зчеплення коліс з ґрунтом  $F_i$  від питомого тиску на ґрунт  $P_i$ .

$P_i$	5	10	15	20	25	30	40	50
$F_i$	3,5	2,3	1,8	1,6	1,4	1,3	1,1	1,0

### Варіант 3

Апроксимувати представлену в таблиці експериментальну залежність крюкової потужності трактора  $N_i$  від тягового опору  $P_i$ .

$P_i$	5	0	5	0	5	0
$N_i$	0	5	3	8	7	0

### Варіант 4

Апроксимувати представлену в таблиці експериментальну залежність буксування гусеничного трактора  $D_i$  від тягового опору  $P_i$ .

$P_i$	60	80	90	95	100	105	110
$D_i$	2,0	2,9	4,0	4,2	5,0	6,1	8,0

### Варіант 5

Апроксимувати представлену в таблиці експериментальну залежність ККД буксування  $H_i$  колісного трактора від тягового опору  $P_i$ .

$P_i$	0,01	1	2	3	4	5
$H_i$	1,0	0,98	0,96	0,95	0,90	0,80

### Варіант 6

Апроксимувати представлену в таблиці експериментальну залежність зусилля різання  $F_i$  від поперечної подачі  $S_i$  при шліфуванні.

$S_i$	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10
$F_i$	60	75	86	95	98	103	107	110

### Варіант 7

Апроксимувати представлену в таблиці експериментальну залежність сходу непросіяного ґрунту з пруткового елеватора картоплезбирального комбайна  $Q_i$  від амплітуди коливань встряхивающего елеватора  $A_i$ .

$i$	,1	2	4	6	8	0
$Q_i$	56	97	54	9	7	5

### Варіант 8

Апроксимувати представлену в таблиці експериментальну залежність коефіцієнта сепарації ґрунту  $K_i$  на сепараторі картоплезбирального комбайна від швидкості зіткнення  $V_i$  ґрунту з сепаратором.

$V_i$	1,4	1,5	1,6	1,75	1,9	2,0	2,1
$K_i$	45,2	46,1	48,9	51,7	56,9	63,5	72,4

### Варіант 9

Апроксимувати представлену в таблиці експериментальну залежність коефіцієнта просіювання ґрунту  $K_i$  на сепараторі картоплезбирального комбайна від швидкості зіткнення  $V_i$  ґрунту з сепаратором при чотирьох зіткненнях.

$V_i$	1,4	1,5	1,6	1,75	1,9	2,0	2,1
$K_i$	58,8	61,4	63,0	66,1	69,8	78,6	91,3

### Варіант 10

Апроксимувати представлену в таблиці експериментальну залежність пошкоджень бульб  $P_i$  на Пруткова елеваторі картоплезбирального комбайна від амплітуди коливань встряхивающего елеватора  $A_i$ .

$A_i$	0,1	12	24	36	48	60
$P_i$	1,44	1,62	1,97	2,34	3,95	4,58

### ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Потрібно апроксимувати представлену в таблиці експериментальну залежність ККД пасової передачі  $\eta_i$  від коефіцієнта попереднього натягу ременя  $K_i$ .



$K_i$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
$H_i$	0,65	0,80	0,90	0,93	0,92	0,75

### Рішення

Щоб апроксимувати вихідні дані, представлені в таблиці, необхідно сформулювати лінію тренда. Тому робота в Excel буде складатися з наступних етапів:

1. Створити таблицю.
2. Побудувати діаграми.
3. Вибрати тип лінії тренда.

позначимо

$x$  - коефіцієнт попереднього натягу ремня,

$y$  - експериментальна залежність ККД пасової передачі.

1. В Excel створити таблицю вихідних даних.

$x$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
$y$	0,65	0,80	0,90	0,93	0,92	0,75

2. Побудувати точкову діаграму. Виділити діапазон A3: G4. На вкладці Вставка в групі інструментів Діаграми натиснути кнопку Точкова тип Точкова з маркерами. При роботі з діаграмою в режимі Макет дати назву діаграмі «Залежність  $y = f(x)$ » і підписати осі. Легенду помістити знизу. При необхідності оптимізувати область побудови діаграми, скориставшись опцією Формат осі ... (рис. 9.37)

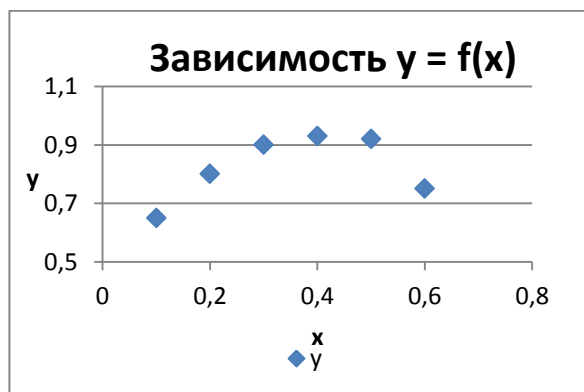


Рисунок 9.37

3. Зробити 4 копії побудованої діаграми.
4. Виділити першу діаграму. В режимі Робота з діаграмами вкладка Макет в групі інструментів Аналіз вибрати Лінія тренда опція Розширені можливості пошуку лінії тренду ... (рис. 9.38).

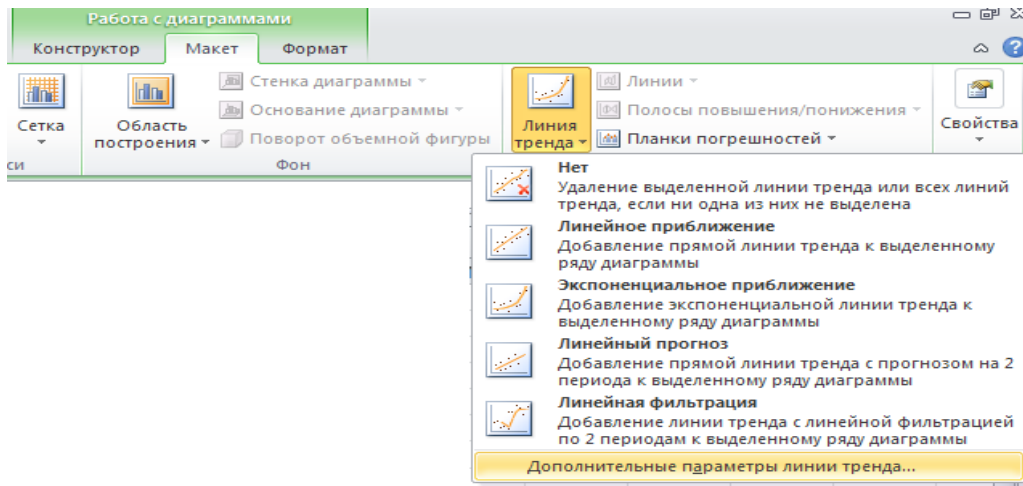


Рисунок 9.38

*Примітка.* Інструмент Лінія тренда можна викликати іншим способом. Навести курсор миші на будь-яку точку побудованого графіка, дочекатися появи підказки з параметрами цієї точки і натиснути праву кнопку миші. У меню вказати пункт Додати лінію тренда ... і натиснути ліву кнопку миші.

5. Заповнити вікно Формат лінії тренду за зразком (рис. 9.39):

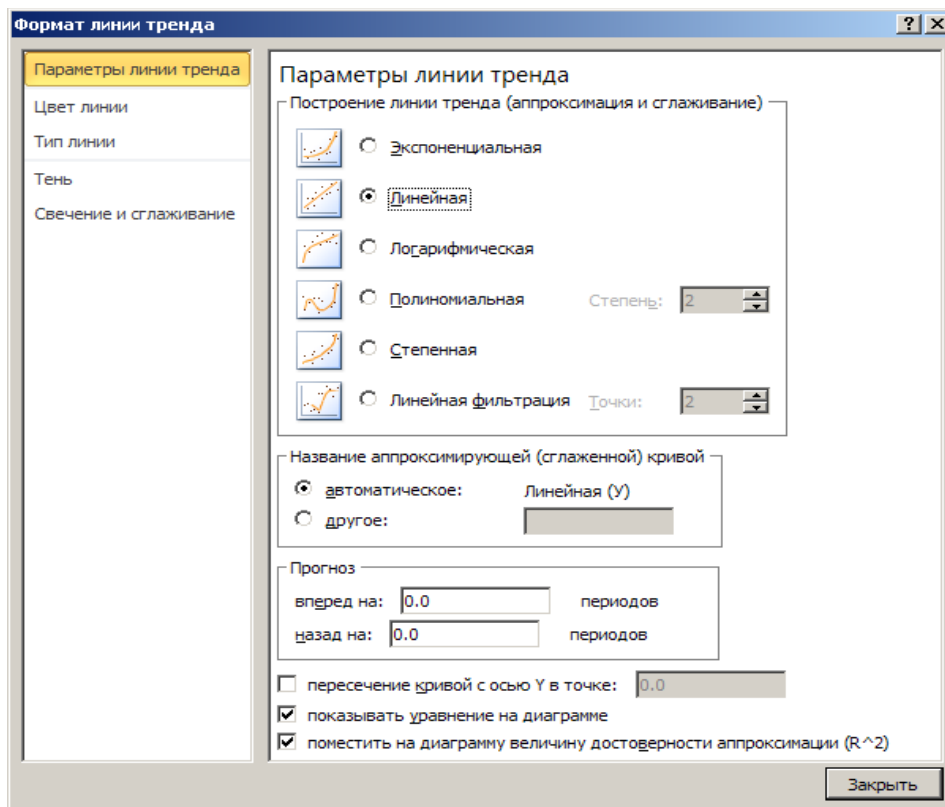


Рисунок 9.39 – Заповнення вікна Формат лінії тренда для лінійної залежності

6. Отримані результати занести в таблицю (табл. 9.8).

7. Повторити дії для інших типів залежностей.

Таблиця 9.8 – Зведена таблиця отриманих результатів

лінія тренда	Рівняння	Значення $R^2$
лінійна	$y = 0,2543x + 0,736$	0,1809
Експоненціальна	$y = 0,7282e^{0,3336x}$	0,1942
логарифмічна	$y = 0,1044\ln(x) + 0,9509$	0,3823
поліноміальна	$y = -3,6429x^2 + 2,8043x + 0,396$	0,973
статечна	$y = 0,9641x^{0,1359}$	0,4044

Проаналізувавши отримані значення коефіцієнта достовірності апроксимації, можна зробити висновок, що для представлених вихідних даних кращою залежністю є поліноміальна, тому що значення  $R^2 = 0,973$ , що максимально близько до 1. Отже, експериментальну залежність ККД пасової передачі Ні від коефіцієнта попереднього натягу ремня Кі. Можна апроксимувати поліноміальною моделлю.

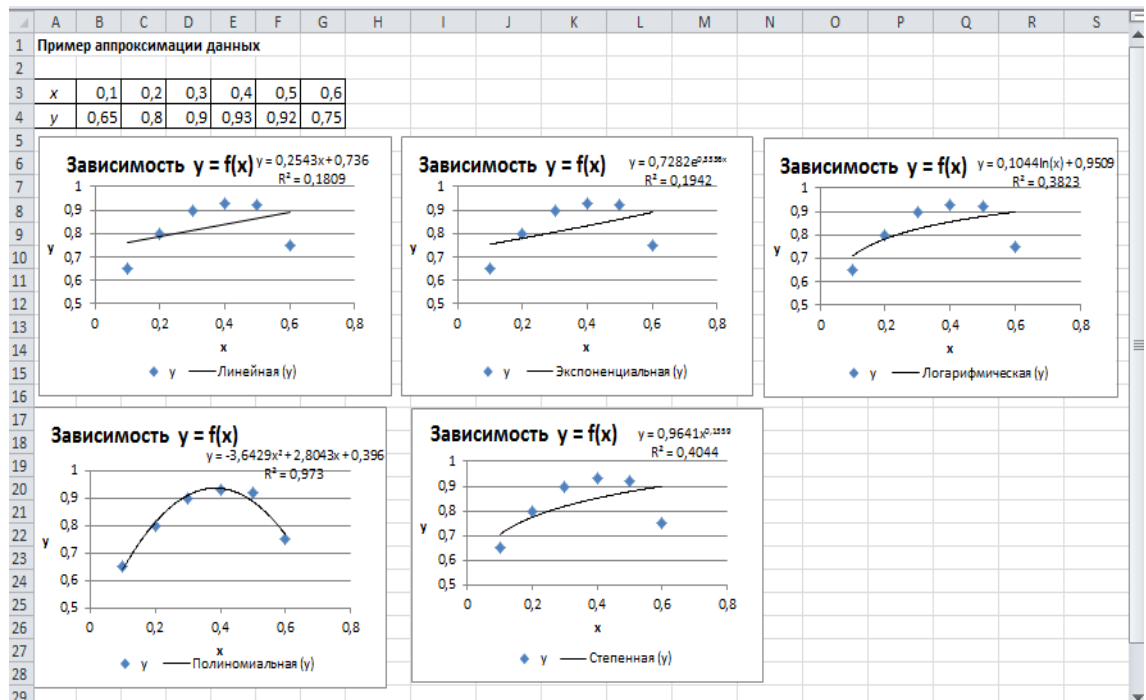


Рисунок 9.40 – Приклад апроксимації даних у EXCEL

Лабораторна робота № 9

**ЛІНІЙНЕ ПРОГРАМУВАННЯ.**

**РІШЕННЯ ТРАНСПОРТНОЇ ЗАВДАННЯ**

Завдання

1. Розробити модель транспортної задачі, в якій три пункти виробництва А, В, С, і три пункти споживання F, D, E. В пунктах А, В, С знаходиться відповідно 100, 200, 300 одиниць продукції. Попит в пунктах

споживання F, D, E становить відповідно 50, 200, 300 одиниць продукції. За переміщення одиниці продукції між пунктами транспортної мережі призначені наступні тарифи:

$$ad = 1, ae = 3, bd = 5, be = 4, cd = 5, ce = 4, AF = 6, bg = 6, cf = 4$$

Визначити оптимальні маршрути і витрати на переміщення продукції.

2. Розробити модель транспортної задачі, в якій три пункти виробництва A, B, C, і три пункти споживання D, E, F .. У пунктах A, B, C знаходиться відповідно 100, 300, 300 одиниць продукції. Попит в пунктах споживання D, E, F становить відповідно 150, 200, 300 одиниць продукції. За переміщення одиниці продукції між пунктами транспортної мережі призначені наступні тарифи:

$$ad = 5, ae = 3, bd = 5, be = 4, cd = 5, ce = 4, AF = 6, bg = 6, cf = 4$$

Визначити оптимальні маршрути і витрати на переміщення продукції.

3. Розробити модель транспортної задачі, в якій три пункти виробництва A, B, C, і три пункти споживання D, E, F .. У пунктах A, B, C знаходиться відповідно 100, 150, 200 одиниць продукції.

Попит в пунктах споживання D, E, F становить відповідно 100, 150, 150 одиниць продукції. За переміщення одиниці продукції між пунктами транспортної мережі призначені наступні тарифи:

$$ad = 1, ae = 3, bd = 5, be = 4, cd = 5, ce = 4, AF = 5, bg = 6, cf = 4$$

Визначити оптимальні маршрути і витрати на переміщення продукції.

4. Розробити модель транспортної задачі, в якій три пункти виробництва A, B, C, і три пункти споживання D, E, F .. У пунктах A, B, C знаходиться відповідно 100, 150, 200 одиниць продукції.

Попит в пунктах споживання D, E, F .. становить відповідно 150, 150, 100 одиниць продукції. За переміщення одиниці продукції між пунктами транспортної мережі призначені наступні тарифи:

$$ad = 2, ae = 3, bd = 5, be = 4, cd = 5, ce = 4, AF = 5, bg = 6, cf = 4$$

Визначити оптимальні маршрути і витрати на переміщення продукції.

5. Розробити модель транспортної задачі, в якій три пункти виробництва A, B, C, і три пункти споживання D, E, F .. У пунктах A, B, C знаходиться відповідно 200, 150, 200 одиниць продукції.

Попит в пунктах споживання F, G, P становить відповідно 100, 250, 150 одиниць продукції. За переміщення одиниці продукції між пунктами транспортної мережі призначені наступні тарифи:

$$ad = 2, ae = 3, bd = 5, be = 4, cd = 5, ce = 4, AF = 5, bg = 6, cf = 4$$

Визначити оптимальні маршрути і витрати на переміщення продукції.

6. Розробити модель транспортної задачі, в якій три пункти виробництва A, B, C, і три пункти споживання D, E, F .. У пунктах A, B, C знаходиться відповідно 200, 150, 200 одиниць продукції.

Попит в пунктах споживання D, E, F становить відповідно 150, 200, 150 одиниць продукції. За переміщення одиниці продукції між пунктами транспортної мережі призначені наступні тарифи:

$$ad = 1, ae = 3, bd = 5, be = 4, cd = 5, ce = 3,$$

$$AF = 6, bg = 6, cf = 4$$

Визначити оптимальні маршрути і витрати на переміщення продукції.

7. Розробити модель транспортної задачі, в якій три пункти виробництва А, В, С, і три пункти споживання D, E, F. У пунктах А, В, С знаходиться відповідно 200, 150, 100 одиниць продукції. Попит в пунктах споживання D, E, F становить відповідно 150, 200, 50 одиниць продукції.

За переміщення одиниці продукції між пунктами транспортної мережі призначені наступні тарифи:  $ad = 1$ ,  $ae = 3$ ,  $bd = 5$ ,  $be = 5$ ,  $cd = 5$ ,  $ce = 3$ ,  $AF = 6$ ,  $bg = 5$ ,  $cf = 4$

Визначити оптимальні маршрути і витрати на переміщення продукції.

8. Розробити модель транспортної задачі, в якій три пункти виробництва А, В, С, і три пункти споживання D, E, F. У пунктах А, В, С знаходиться відповідно 200, 150, 100 одиниць продукції.

Попит в пунктах споживання D, E, F становить відповідно 150, 200, 50 одиниць продукції.

За переміщення одиниці продукції між пунктами транспортної мережі призначені наступні тарифи:  $ad = 1$ ,  $ae = 3$ ,  $bd = 5$ ,  $be = 4$ ,  $cd = 5$ ,  $ce = 3$ ,  $AF = 6$ ,  $bg = 6$ ,  $cf = 4$

Визначити оптимальні маршрути і витрати на переміщення продукції.

9. Розробити модель транспортної задачі, в якій три пункти виробництва А, В, С, і три пункти споживання D, E, F .. У пунктах А, В, С знаходиться відповідно 50, 150, 200 одиниць продукції.

Попит в пунктах споживання D, E, F .. становить відповідно 40, 100, 100 одиниць продукції. За переміщення одиниці продукції між пунктами транспортної мережі призначені наступні тарифи:

$ad = 2$ ,  $ae = 3$ ,  $bd = 5$ ,  $be = 4$ ,  $cd = 5$ ,  $ce = 4$   $AF = 5$ ,  $bg = 6$ ,  $cf = 4$

Визначити оптимальні маршрути і витрати на переміщення продукції.

10. Розробити модель транспортної задачі, в якій три пункти виробництва А, В, С, і три пункти споживання D, E, F .. .У пунктах А, В, С знаходиться відповідно 100, 150, 200 одиниць продукції.

Попит в пунктах споживання D, E, F становить відповідно 50, 200, 150 одиниць продукції. За переміщення одиниці продукції між пунктами транспортної мережі призначені наступні тарифи:

$ad = 1$ ,  $ae = 3$ ,  $bd = 5$ ,  $be = 4$ ,  $cd = 5$ ,  $ce = 3$ ,

$AF = 6$ ,  $bg = 6$ ,  $cf = 4$

Визначити оптимальні маршрути і витрати на переміщення продукції.

Лабораторна робота №10

Знайомство з робочим середовищем Visual Basic

**Запуск Visual Basic**

Запустити Visual Basic, як і будь-який Windows-додаток, можна:

- двічі клацнувши на піктограмі (значку програми) на Робочому столі;
- за допомогою Головного меню;
- у вікнах програм Мій комп'ютер, Провідник або Far Manager;

- якщо є розроблений вже проект (файл з розширенням \* .vbp), подвійне клацання на ньому запускає Visual Basic і відразу завантажує проект.

Після запуску Visual Basic з'явиться діалогове вікно, в якому можна вибрати тип створюваного додатка (Рис 1.). З цього ж вікна можна завантажити вже існуючий проект.

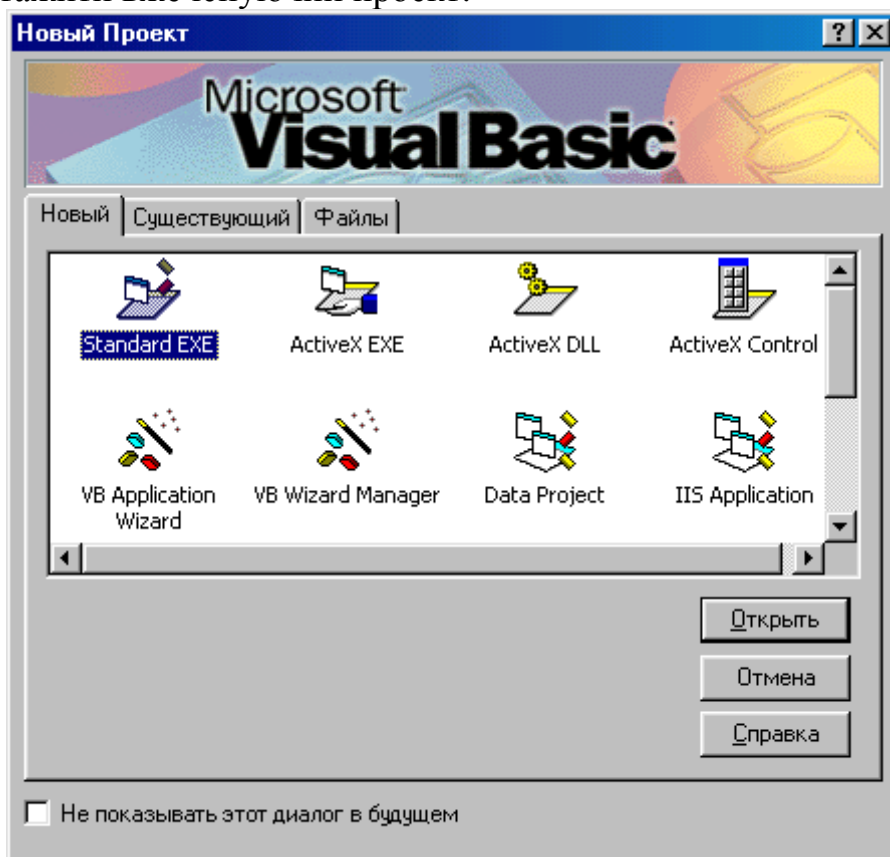


Рис 1. Діалогове вікно запуску Visual Basic.

За деякими піктограмами діалогового вікна ховаються майстра додатків (VB Application Wizard), які супроводжують розробника при створенні додатків і беруть на себе частину його роботи, наприклад, підключення баз даних і створення форм.

Майстер додатків генерує тільки скелет програм (Skeleton Programm) - програмну оболонку, яку потім необхідно заповнити кодом. Це ще не робочий додаток, а тільки базове додаток (заготівля), до якого потім слід додати свою специфіку.

При створенні програми «з нуля», без використання майстрів додатків, розробник сам контролює кожен аспект розробки програми і сам поміщає всі елементи управління програми в форму. При цьому їм необхідно призначити імена, позиціонувати їх, задати властивості, встановити розміри і підключити коди обробки подій. Щоб створити додаток «з нуля», необхідно запустити Visual Basic і зробити подвійне клацання на значку Standard EXE. З'явиться робоче середовище Visual Basic.

Збереження проекту на магнітному диску, а також завантаження в робоче середовище раніше створеного проекту здійснюється стандартно, за

допомогою меню File (Файл) пунктів Save (Зберегти), Save As (Зберегти як ...) і Open (Відкрити) відповідно.

### Робоче середовище Visual Basic

Робоче середовище (Developer Studio) - це робоче місце розробника. Головне вікно робочого середовища представлено на рис.2.

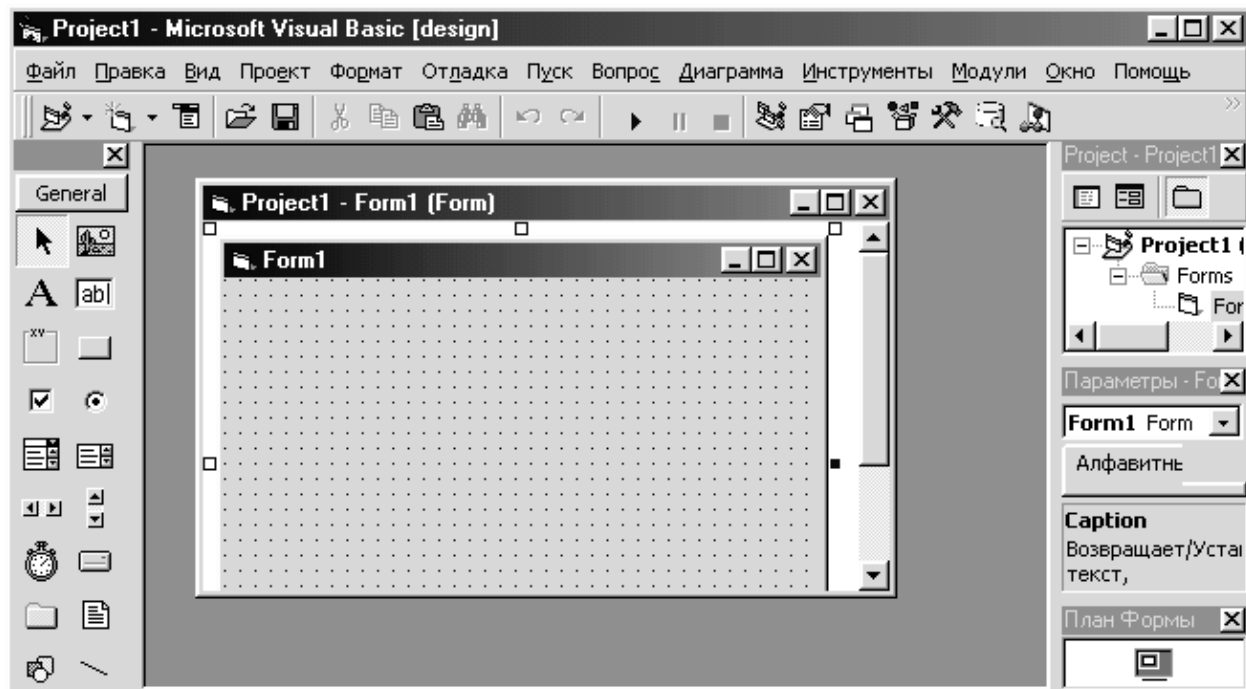


Рис 2. Робоче середовище Visual Basic.

Середовищі Visual Basic виглядає подібно іншим програмам. Багато команд в меню Visual Basic працюють також як і в інших додатках. Панель інструментів забезпечує доступ до багатьох команд меню за допомогою однієї кнопки. Як і інші додатки, Visual Basic підтримує широкий діапазон панелей інструментів, список яких можна побачити за допомогою команди View  Toolbars (Вид  Панель інструментів). Кожна відображена в даний момент панель інструментів відзначена прапорцем навпроти її імені.

Робоче середовище містить ряд підлеглих вікон, які можна відкрити за допомогою операційного меню View (Вид) або відповідних кнопок на панелі інструментів.

Вікно форми (Form) - головний елемент додатки, основна робоча область (рис.3). Іноді називається просто формою. Являє собою контейнер для елементів управління. Точки сітки форми тільки допомагають розміщення елементів і при роботі програми не видно. При запуску Visual Basic порожнє вікно форми з'являється у верхньому лівому кутку робочої області (поруч з інструментальними засобами). Розмір вікна невеликий, проте, його можна змінити до будь-яких необхідних розмірів. Першим завданням розробника є розміщення в формі відповідних елементів управління.

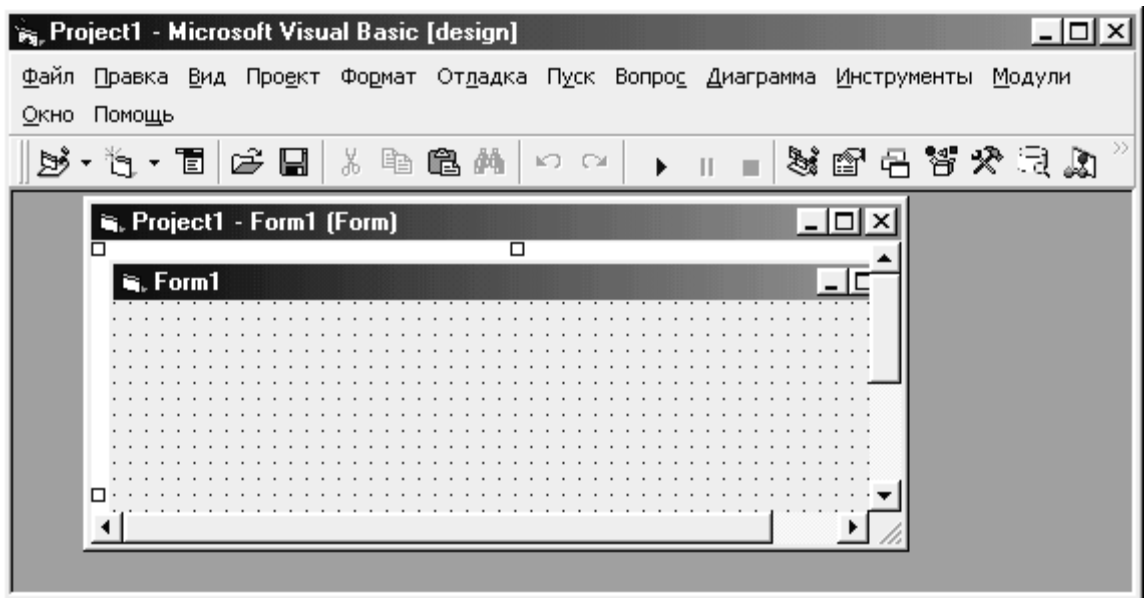


Рис 3. Вікно форми.

Проект може містити кілька форм, тобто Visual Basic підтримує режим MDI (Multiple-Document Interface) - інтерфейс Windows по роботі з декількома документами.

Для включення в проект нової форми слід скористатися командою Project □ Add Form (Проект □ Додати форму).

Панель елементів (Toolbox) містить перелік необхідних для створення додатка елементів управління (Control): кнопки, перемикачі, прапорці, поля введення і ін. (Рис.4). Це набір прототипів, на основі яких розробник буде свої об'єкти, надаючи їм особливі (специфічні) значення властивостей. Щоб створити об'єкт в формі за допомогою Toolbox, необхідно зафіксувати покажчик миші на відповідному прототипі в панелі елементів (покажчик миші прийме форму хрестика) і встановити у вікні форми позицію і розмір елемента управління: помістити курсор в один кут конструйованого елемента і перетягнути в протилежний. Після подвійного клацання на прототипі в центрі форми з'являється відповідний елемент стандартного розміру. Створений будь-яким способом об'єкт можна перемістити в потрібне місце, змінити його розмір.

Стандартне вікно Toolbox містить так звані вбудовані (внутрішні) елементи управління. Деякі додаткові інструментальні засоби можна додати за допомогою опції меню Project □ Component.



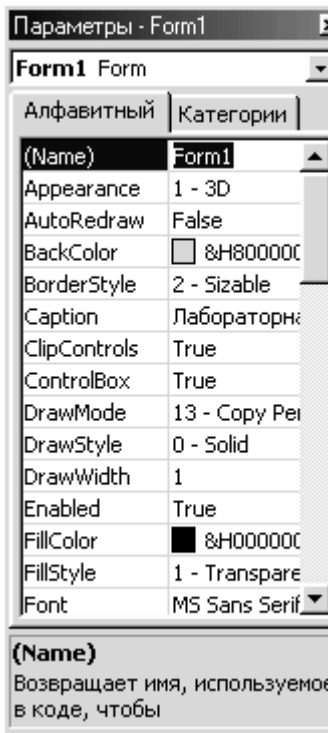


**Рис 4. Панель элементів**

Набір елементів управління може розширюватися за рахунок так званих користувальницьких елементів управління (Custom Controls).

Вікно властивостей (Properties), або вікно Параметрів містить перелік і значення властивостей обраного елемента управління (рис.5.). Для відображення вікна властивостей натиснути F4, клацнути відповідну кнопку на панелі інструментів або вибрати команду View □ Properties Window (Вид □ Вікно Параметрів).

У рядку заголовка вікна властивостей поруч з текстом Properties (Параметри) вказується ім'я форми, якій належать елементи управління. Поле зі списком під рядком заголовка дозволяє вибрати необхідний елемент управління. У цьому списку присутній також і ім'я самої форми, тобто властивості можна задавати і для форми в цілому.



**Рис.5. Вікно властивостей.**

У списку, розташованому нижче, перераховані властивості вибраного елемента управління. Набір властивостей залежить від типу елемента.

Список властивостей складається з двох стовпців: у лівому перераховані назви властивостей, а в правому - їх значення.

Вікно Properties за замовчуванням відображає властивості в алфавітному порядку (вкладка Alphabet (Алфавітний)) з можливим винятком у верхній частині вікна (наприклад, для властивості Name - Ім'я елемента управління).

При натисканні на ярлику вкладки Categorized (Категорії) над значеннями властивостей вікно Properties змінюється і відображає властивості у вигляді дерева Explorer (т. Е. Відкриється інша вкладка).

Властивості визначають зовнішній вигляд і функціонування елементів управління. Редагування властивостей можна виконати:

- вручну, наприклад введення Підписи (Caption);
  - шляхом вибору зі списку, наприклад, Зовнішній вигляд (Appearance).
- Кнопка списку знаходиться в правому куті вікна значення;
- за допомогою діалогового вікна налаштування властивості, наприклад настройка колірною оформлення елемента - кольору фону (BackColor),

кольору символів або ліній (ForeColor), або кольору заповнення мальованих об'єктів (FillColor);

- автоматично при зміні властивостей елементів управління безпосередньо в формі, наприклад, при зміні за допомогою миші позиції елемента: координат верхнього лівого кута (Top і Left), його висоти (Height) і ширини (Width);

- значення деяких властивостей можуть бути змінені при виконанні програми (тобто в режимі Run Time).

Примітка. Для вимірювання розмірів і розташування форм на екрані і об'єктів на формі в Visual Basic використовується екранно-незалежна одиниця Твіп (Twip) - 1/440 дюйма або 1/20 точки принтера. Це найменше екранне вимір, яке можна налаштувати.

Вікно проекту (Project Explorer або просто Project). У цьому вікні відображається деревоподібна структура проекту (рис.6).

У Visual Basic всі розробляються додатки називаються проектами. Це відображає той факт, що розробник створює не просто програму, а проект. В процесі проектування створюються (малюються) різні об'єкти, які зв'язуються потім кодом. Проект, таким чином, будується за модульним принципом і містить кілька груп компонентів: форм, модулів і т.п.

Всі компоненти проекту зберігаються як окремі і незалежні файли. Тому їх в будь-який час можна завантажувати і зберігати. Це дає можливість використовувати в проекті форми і коди, створені для інших проектів.

Вікно проекту описує два важливих аспекти VB - проекту: зовнішні імена файлів проекту і їх внутрішні імена, використовувані всередині проекту.

Щоб зберегти існуючий компонент проекту (форму, модуль і т.д.) потрібно виділити його в списку вікна проекту і вибрати команду File □ Save (Файл □ Зберегти) або File □ Save As ... (Файл □ Зберегти як ...) (для збереження під іншим ім'ям). Для збереження всього проекту (включаючи всі компоненти) вибрати команду File □ Save Project (Файл □ Зберегти Проект) або File □ Save Project As ... (Файл □ Зберегти Проект як ...) (для збереження під іншим ім'ям).

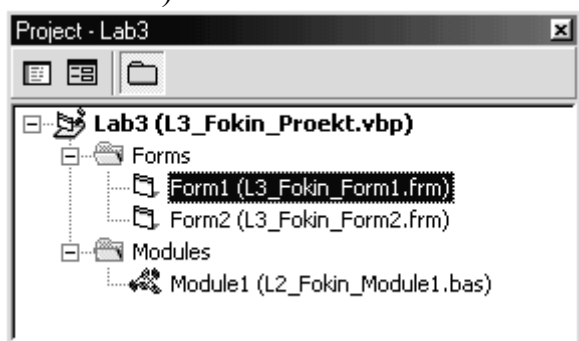


Рис 6. Окно проекта.

Вміст вікна проекту зберігається в спеціальному файлі з розширенням .vbp містить список компонентів, які необхідно завантажити в середу при завантаженні проекту, а також всі зв'язки між ними.

При завантаженні проекту командою File □ Open Project (Файл □ Відкрити Проект) завантажуються всі компоненти з урахуванням зв'язків між ними.

Щоб додати в проект новий компонент необхідно скористатися командою Project □ Add (Проект □ Додати).

Для видалення компонента з проекту його слід виділити клацанням в вікні проекту, потім вибрати команду Project □ Remove (Проект □ Видалити).

Для роботи з певною частиною завантаженого проекту слід зробити подвійне клацання на цьому компоненті у вікні проекту.

У верхній частині вікна проекту розміщені кнопки View Object (Показати Об'єкт) і View Code (Показати Код). За допомогою цих кнопок можна швидко перемикатися між вікном конструктора форми і вікном коду.

У таблиці 1 наведено список найбільш часто використовуваних компонентів, що входять в проект Visual Basic.

Табл 1. Складові проекту Visual Basic.

<i>Компонент</i>	<i>Розширення файлу</i>
форма	FRM
модуль класу	CLS
модуль Basic	BAS
файл ресурсів	RES
OLE Custom Control	OCX
Файл проекту Visual Basic	VBP
Група проекту	VBG
Вихідний код управління Active X	CTL
Документ Active X	VBD
Файл повідомлень Crystal Report	RPT
База даних MS Access	MDB
Файл збереження установок	INI
файл малюнків	BMP
Довідковий файл Windows	HLP
Текстовий файл (Rich text format)	RTF
файл піктограм	ICO
Бібліотека динамічного компонування	DLL

Вікно коду (Code) служить для введення програмного коду. Відразу після запуску Visual Basic це вікно не відображається. Причина тому - подієво-керована орієнтація Visual Basic (як і Windows в цілому). Це означає, що в Visual Basic немає єдиного програмного коду. Він поділяється на окремі процедури, пов'язані безпосередньо з певними елементами управління і діями над цими елементами - подіями. Для виконання коду процедури необхідно подія - клацання на елементі, подвійне клацання,

перетягування т.д. Кожен елемент управління (в т.ч. і сама форма) має свій, властивий його типу набір подій. Тільки при настанні події починається виконання пов'язаного з ним коду процедури обробки події.

Відкрити вікно коду для конкретного елемента управління можна подвійним клацанням на елементі в вікні форми, натисканням клавіші F7 або вибравши команду View  Code (Вид  Код) у вікні проекту.

Вікно коду складається з двох списків, що розкриваються і області редагування коду (рис.7).

Список, що розкривається в лівій верхній частині вікна (Об'єкт - Об'єкт) дозволяє вибрати елемент керування, а у верхній правій частині (Procedure - Процедура) - подія для обраного елемента управління. Код (процедуру) для обробки обраного події вибраного елемента управління можна вводити або коригувати в області редагування коду.

Ім'я процедури обробки події відображає подія, з яким пов'язана ця процедура, тобто при настанні якого запускається процедура.

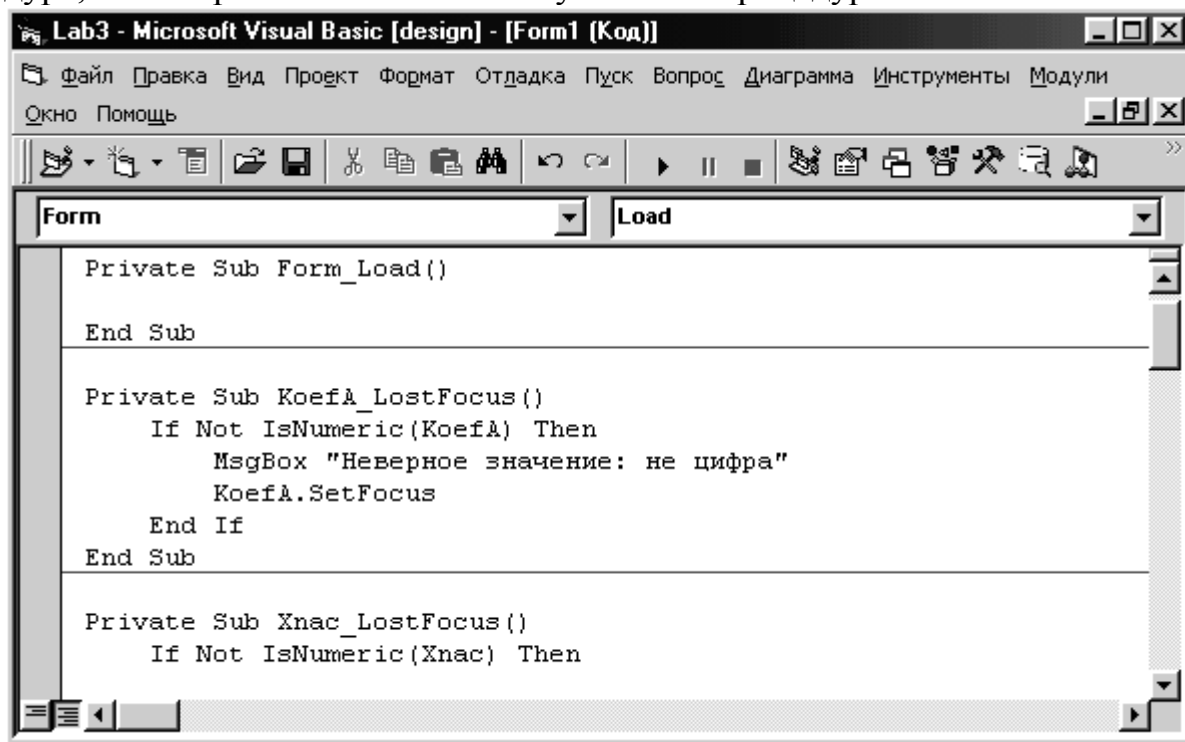


Рис.7. Вікно коду

Таким чином, повне ім'я процедури обробки події зумовлено і складається з імені об'єкта (елемента управління) та імені події, розділених символом підкреслення.

Крім процедур обробки подій можуть створюватися і процедури загального призначення, не пов'язані ні з якою подією. Їх виклик організовує розробник на свій розсуд (з інших процедур). Ім'я такої процедури визначається довільно. Для її створення достатньо у вікні коду (але не всередині іншої процедури ввести ключове слово Sub і ім'я процедури).

Так як процедура загального призначення не пов'язана ні з одним елементом управління, то поле Object вікна коду замість імені об'єкта містить рядок General. Вікно Procedure визначає ім'я процедури.

Код, що зберігається разом з формою, називається модулем форми. У ньому зберігаються всі процедури обробки подій для елементів управління форми, а також процедури загального призначення.

Процедури загального призначення можуть об'єднуватися в модулі загального призначення, що є окремим елементом проекту.

Для відкриття вікна коду для модуля загального призначення слід зробити подвійне клацання на його імені у вікні проекту. Для створення нового модуля слід виконати команду Project □ Add Module (Проект □ Додати Модуль).

Процесом введення коду в вікні коду управляє редактор коду. В принципі прийоми роботи в ньому такі ж, як при редагуванні текстів в інших додатках Windows.

Вікно управління розкладкою Form Layout (План Форми) призначене для управління розкладкою форм на екрані монітора під час запуску програми на виконання (рис. 8.).

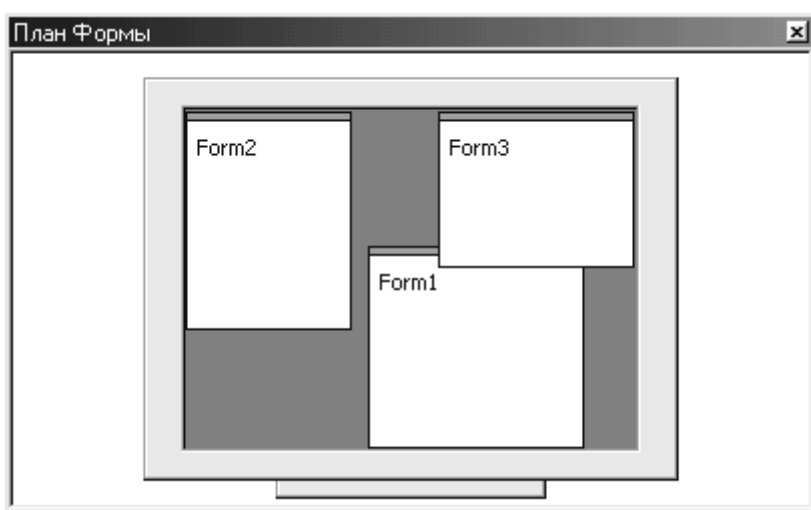


Рис 8. Вікно керування розкладкою.

В цьому вікні можна встановлювати розмір і взаємне розташування форм на екрані.

Відображає вихідну позицію і відносний розмір поточної форми, показаної в вікні Form. Переміщаючи форму у вікні Form Layout, можна пересунути позицію, в якій з'являється форма під час запуску програми, змінити її розміри. При цьому автоматично змінюються відповідні властивості форми.

### **Виконання програми**

Для запуску відповідної програми на виконання слід клацнути на кнопці Start (Старт) на панелі інструментів (значок зі стрілкою, спрямованої вправо) натиснути клавішу F5 на клавіатурі або скористатися операційним меню Run (Пуск), вибрати в ньому пункт Run.

Щоб закрити програму (завершити його виконання), досить закрити його вікно будь-яким способом, передбаченим в Windows або скористатися кнопкою Stop (Перервати) на панелі інструментів. Крім того, у вікні програми зазвичай передбачаються командні кнопки для його завершення.

У разі «зависання» (наприклад, при «зациклення») додаток можна перервати комбінацією клавіш Ctrl + Break. Після цього його слід скинути (завершити) командою Run □ End (Пуск □ Кінець) або запустити з початку Run □ Restart (Пуск □ Повторний старт).

Щоб додаток Visual Basic могло виконуватися не тільки в середовищі Visual Basic, його необхідно відкомпілювати. Для цього служить команда: **File ⇒ Make \*.exe (Файл ⇒ Делать \*.exe).**

Лабораторна робота № 11

**Знайомство з середовищем Visual Basic. Створення найпростішого додатка.**

**Завдання:** Провести дослідження робочого середовища Visual Basic і основних елементів управління, керуючись наведеними нижче вказівками.

**Короткі теоретичні відомості.**

Всі об'єкти мають певні властивості, які можна встановити (змінити) як на етапі проектування в вікні властивостей (Properties), так і на етапі виконання програми в програмному коді.

Нижче наведені основні властивості, характерні для більшості об'єктів.

Табл.2 Основні властивості об'єктів.

<i>Властивість</i>	<i>Опис</i>
Name	Ім'я об'єкта. Всі номери об'єкт здійснюються через його ім'я
Left, Top	Координати верхнього лівого кута контуру об'єкта в межах робочої області контейнера (екрану, форми і т.д.)
Height, Width	Висота і ширина контуру об'єкта
BackColor	Колір фону об'єкта
CoreColor	колір тексту
Font	Вбудований об'єкт, який визначає ім'я шрифту, його розмір, накреслення
BorderStyle	Наявність і вид рамки
Caption	Текст, що ідентифікує об'єкт на екрані при виконанні програми (текст на кнопці, в заголовку вікна і т.п.)
ToolTipText	Текст, що відображається як підказка при наведенні покажчика миші на об'єкт
MousePointer	Форма курсора миші при його наведенні на об'єкт
TabIndex	Індекс об'єкта в фокусній порядку. При натисканні клавіші фокус отримує об'єкт з наступним індексом в фокусній порядку

Enabled	доступність об'єкту
Visible	Видимість об'єкта (відображається він на екрані чи ні)

Крім цих властивостей кожен об'єкт може мати свої специфічні властивості.

Основним об'єктом Visual Basic є форма, складова фон додатки, на якому розташовуються інші об'єкти - елементи управління. У формі можна використовувати такі додаткові властивості.

Табл. 3. Додаткові властивості для форми

<i>Властивість</i>	<i>Опис</i>
Picture	Визначає графічне зображення, яке відображається на тлі форми під час виконання додатка
ScaleHeight, ScaleWidth	Розміри (висота і ширина) доступною для роботи робочої зони форми

Крім того, для форми деякі з наведених у табл. 2. властивостей набувають додаткові можливості, наприклад, властивість BorderStyle визначає також тип вікна, можливість зміни розмірів.

Елемент управління Командна кнопка (Command Button) дозволяє користувачеві втручатися в процес обробки даних, перервати або запустити будь-який процес. Для цього використовуються події Click, що настають при натисканні на кнопки. Крім наведених в табл.2 найбільш часто вживаються наступні властивості (табл.4).

Табл. 4 Додаткові властивості для командної кнопки

<i>Властивість</i>	<i>Опис</i>
Default	Визначає, що при натисканні клавіші Enter генерується подія Click саме для даної кнопки, незалежно від того, який елемент має фокус
Cancel	Визначає, що при натисканні клавіші Esc генерується подія Click саме для даної кнопки незалежно від того, який елемент має фокус

Елемент управління Напис (Label). Використовується для відображення постійного тексту в формі. Найбільш вживані властивості вичерпуються табл.2. Події зазвичай не використовуються.

Елемент управління Текстовою полем (TextBox) - це основний елемент для введення даних. Найбільш вживані події - Change - зміна вмісту текстового вікна. Виникає кожен раз при введенні, видаленні або заміні символу. Подія LostFocus і GotFocus виникає при втраті або при придбанні фокуса відповідно.

Крім наведених в табл. 2 дуже часто використовується властивість Text, що містить відображається в поле текст. Властивість Caption цей елемент керування не підтримує.

Елемент управління Прапорець (CheckBox) використовується для вибору одного з двох значень: Так / Ні (включено / вимкнено, істина / неправда і т.д.)

Головна подія - Click (клацання)

Крім наведених в табл. 2 властивостей використовується властивість Value, яке вказує стан командної кнопки:

- 1 - не відзначений;
- 2 - відзначений;
- 3 - відзначений, але недоступний.

Елемент управління Перемикач (Option Button) дозволяє встановлювати тільки одну опцію з групи. Головна подія - Click (клацання). Головна властивість - Value, що визначають стан перемикача. Решта найбільш уживані властивості обмежуються табл.2.

### **Приклад виконання роботи**

1. Перевірити наявність особистої папки. Якщо її немає - створити.
2. Увійти в середу Visual Basic.
3. Створити новий проект, вибравши в діалоговому вікні запуску (рис.1) створення нового проекту Standart Exe. Присвоїти створеному проекту ім'я Lab1. Для цього у вікні проекту (Project) вибрати перший рядок (рядок проекту) і потім відкрити вікно властивостей командою View  Properties Window. (Вид  Вікно Параметрів) У вікні властивостей Properties (Параметри) для властивостей Name вказати значення Lab1.

4. Використовуючи меню View включити / відключити основні вікна середовища Visual Basic: вікно форм, вікно коду, вікно управління розкладкою, вікно властивостей, панель елементів, вікно проекту. Описати призначення кожного вікна. Як ще можна відкрити і закрити ці вікна?

5. Змінити значення властивості Name форми на Form1. Властивості Caption привласнити значення «Лаб№1. Виконав <ПІБ>. Група <група> ». Цей текст буде відображатися в рядку заголовка форми при запуску програми.

6. Запустити програму, тобто перейти в режим Run-Time. Для цього натиснути клавішу F5. Закрити додаток. Описати, які ще є способи запуску додатка.

7. Використовуючи панель елементів управління ToolBox Створена в формі командну кнопку (елемент управління типу CommandButton) з ім'ям «EXIT» (властивість Name) і написати на ній «Вихід» (властивість Caption).

Шляхом зміни властивостей і погодинного перемикачання в режим Run-Time і назад - в режим конструктора досліджувати і описати такі властивості командної кнопки, як розміри, місце розташування, кольорове оформлення, зовнішній вигляд, вид і параметри шрифту і т.п.

8. Аналогічно створити кнопку Hello з підписом «Привіт».

9. Запустити програму на виконання. Чи реагують кнопки на клацання? Повернутися в режим конструктора.

10. Подвійним клацанням на кнопці EXIT увійти в вікно коду форми і ввести наступний код обробки події Click кнопки EXIT (обрамляють рядки будуть згенеровані Visual Basic автоматично):

```
Private Sub EXIT_Click()  
End
```



```
End Sub
```

11. З подією Click кнопки Hello зв'язати наступний код:

```
Private Sub Hello_Click()
```

```
Print "Привет! Моя первая программа"
```

```
End Sub
```

12. Запустити програму на виконання (F5). Як тепер реагують на клацання командні кнопки Hello і EXIT? Зробити кілька клацань на кнопці Hello.

13. Змінити процедуру обробки події Click кнопки Hello, включити в неї додаткові інструкції для запиту і установки розміру шрифту:

```
Private Sub Hello_Click()
```

```
Dim i as integer
```

```
i = InputBox("Введіть розмір шрифту")
```

```
Font.Size = i
```

```
Print "Привет! Моя первая программа"
```

```
End Sub
```

Як тепер працює додаток? Зробіть кілька клацань на кнопці, задаючи щоразу різні розміри шрифту.

14. Створити в формі елемент управління Check1 типу CheckBox (прапорець) з підписом «Підкреслення».

15. У процедуру обробки події Click кнопки Hello додати запит розміру шрифту, а також установку / зняття режиму підкреслення в залежності від стану прапорця Check1:

```
Private Sub Hello_Click()
```

```
Dim i as integer
```

```
i = InputBox("Введіть розмір шрифту")
```

```
Font.Size = i
```

```
Font.Underline = Check1.Value
```

```
Print "Привет! Моя первая программа"
```

```
End Sub
```

Запустити програму на виконання. Яка тепер реакція програми на клацання на кнопці Hello при різних установках прапорця Check1.

16. Змінити код процедури Hello\_Click () так, щоб повідомлення відображалось в центрі форми. Для цього за допомогою методів TextHeight і TextWidth визначити фактичну висоту і ширину рядка, що виводиться. Розміри (висота і ширина) робочої області форми (області, доступною для розміщення інформації) знаходяться у властивостях ScaleHeight і ScaleWidth відповідно. Процедура має вигляд:

```
Private Sub Hello_Click()
```

```
Dim Str as string
```

```
Dim i as integer
```

```
Str = "Привет! Моя первая программа"
```

```
i = InputBox("Введіть розмір шрифту")
```

```
Font.Size = i
```

```
Font.Underline = Check1.Value
```

```

CurrentY = (ScaleHeight - TextHeight(Str))/2
CurrentX = (ScaleWidth - TextWidth(Str))/2
Print Str
End Sub

```

Запустити програму на виконання і перевірити його роботу.

17. Створити в формі елемент управління Text1 типу TextBox (Текстове поле) і відповідну йому підпис - елемент управління Label1 типу Label (Напис) з написом (властивість Caption) "Введіть текст", як показано на рис.9.

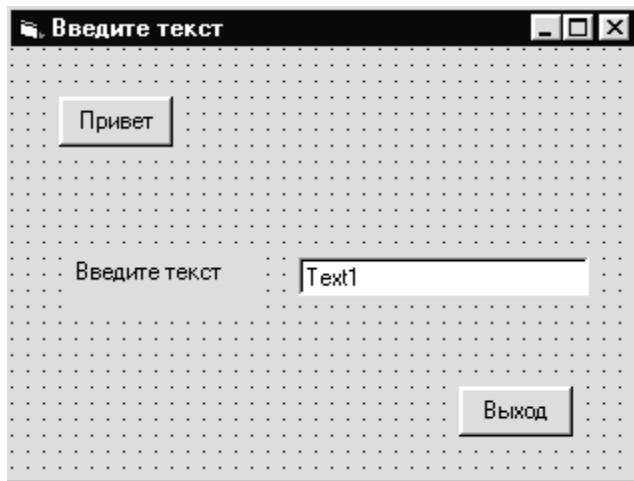


Рис.9. Проект форми Form1.

18. Змінити код процедури Hello\_Click () так, щоб введений в поле Text1 текст поєднувався з наперед визначеним текстом. Для цього використовується операція конкатенації (об'єднання) - &. Щоб текст не зливався, слід після слова «програма» додати пробіл.

```

Private Sub Hello_Click()
    Dim i As Integer
    Dim str As String
    Cls
    str = "Привет! Моя первая программа " & _
        Text1.Text
    i = InputBox("Введите размер шрифта")
    Font.Size = i
    Font.Underline = Check1.Value
    CurrentY = (ScaleHeight - TextHeight(str)) / 2
    CurrentX = (ScaleWidth - TextWidth(str)) / 2
    Print str
End Sub

```

Запустити програму на виконання і перевірити його роботу.

19. Командою Project □ Add Form (Проект □ Додати форму) створити форму Form2, а в ній командну кнопку EXIT з написом «Закрити» для закриття цієї форми. З подією Click для цієї кнопки зв'язати код:

```
Private Sub Exit_Click()  
Visible = False  
End Sub
```

Присвоєння властивості Visible (Видимість) цієї форми значення False (Брехня) робить форму невидимою (прибирає з екрана).

20. У формі Form1 створити командну кнопку F2 з написом «Запуск форми» і процедурою обробки події Click:

```
Private Sub F2_Click()  
Form2.Visible = True  
End Sub
```

Виконання цього коду призводить до появи на екрані форми Form2 (вона стає видимою). Упевнитися в цьому можна, перейшовши в режим Run-Time і поперемінно включаючи / відключаючи форму.

21. Використовуючи елемент управління Image, Line, Shape, Label оформити зовнішній вигляд форми Form2. При цьому вибрати різні кольори, товщину ліній і т.п.

22. Використовуючи вікно управління розкладкою Form Layout (План форми), розмістити форми Form1 і Form2 на екрані так, щоб вони не перекривали один одного.

23. Зберегти результати в особистій папці, дотримуючись вимог, викладені в розділі 4. Саме, присвоївши наступні імена файлів:

```
Форма 1:      L1_<ФІО>_Form1  
Форма 2:      L1_<ФІО>_Form2  
Проект:       L1_<ФІО>_Project
```

**24.** За результатами роботи скласти звіт.

### **Лабораторна робота № 12**

**Умовні оператори. Обчислення значення функції, заданої умовно.**

**Робоче завдання:** Створити додаток для обчислення і виведення на екран значення функції:

$$y=f(x) = \begin{cases} f_1(x), \text{ якщо } & x \leq 0 \\ f_2(x), \text{ якщо } & 0 < x \leq a \\ f_3(x), \text{ якщо } & x > a \end{cases}$$

Вираз для функції  $f_1(x)$ ,  $f_2(x)$  і  $f_3(x)$  вибрати з таблиці П1 Додатки відповідно до номером свого варіанту.

У формі передбачити поля для введення значення змінної  $x$  і параметра  $a$ , виведення результату обчислення, а також командні кнопки для здійснення розрахунку і виходу з програми. Дані, що вводяться повинні піддаватися контролю.

**Приклад виконання роботи**

Створити додаток для обчислення значення функції:

$$y=f(x) = \begin{cases} \sin(x^2 + ax), & \text{если } x \leq 0 \\ 1 - \frac{1 + \sqrt{(x^2 + ax)}}{e^{\sin(x)}(1+x)}, & \text{если } 0 < x \leq a \\ \frac{\cos(x^2 - a^2)}{\sqrt{1 - \sin(a-x)}} - \frac{1 - \sin(a-x)}{e^{\sin(x)}}, & \text{если } x > a \end{cases}$$

1. Увійти в середу Visual Basic. Створити новий проект. Присвоїти йому ім'я Lab2.

2. Використовуючи панель елементів управління, спроектувати форму Form1, приблизно як показано на рис.10.

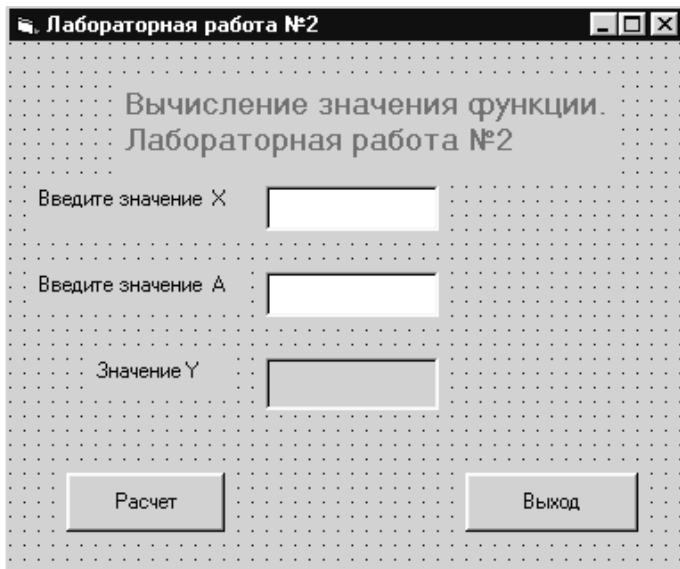


Рис 10. Проект форми Form1.

У форму включити такі елементи управління:

а) текстові поля (TextBox):

- А - для введення значення параметра а;
- Х для введення значення аргументу х;
- Y - для виведення значення функції у.

Значення властивостей Text для цих полів очистити або присвоїти їм якісь початкові значення;

б) Написи (Label) для кожного текстового поля;

в) командні кнопки;

- Command1 з підписом Розрахунок;
- Command2 з підписом Вихід.

3. Встановити для текстового поля Y властивість:

BackColor (фоновий колір) - Button Face;

Visible (видимість поля) - False;

BordureStyle (стиль рамки) - 0 - None;

Locked (доступність для редагування) - False.

4. Для командної кнопки Command1 (Розрахунок) властивості Default привласнити значення True для автоматичного виклику події Click для цієї кнопки при натисканні клавіші Enter. Аналогічно властивості Cancel командної кнопки Command2 (Вихід) встановити значення True для автоматичного виклику події Click для цієї кнопки при натисканні клавіші Esc.

5. На свій розсуд змінити інші властивості елементів управління (колір, шрифт, підкреслення, курсив і т.д.), а також додати додаткові елементи управління для оформлення форм (лінії, фігури, малюнки і т.д.).

6. Створити модуль Module1. Для цього вибрати команду Project  Add Module (Проект  Додати модуль). У вікні коду набрати наступний код:

```
Function f(X As Single) As Single
  If X <= 0 Then
    f = Sin(X ^ 2 + Form1.A * X)
  ElseIf X <= Form1.A Then
    f = 1 - (1 + Sqr(X2 + Form1.A * X)) / (Exp(Sin(X)) * (1 + X))
  Else
    f = Cos(X ^ 2 - Form1.A ^ 2) / Sqr(1 - Sin(X - Form1.A)) - _
      (1 - Sin(Form1.A - X)) / Exp(Sin(X))
  End If
End Function
```

Цей код призначений для обчислення значення функції. У цьому коді використовується формальний параметр A з Form1. Ім'я форми повинно передувати імені елемента управління і відділятися від нього точкою. Ім'я властивості (Text) можна опустити.

7. З подією Click командної кнопки Command1 (Розрахунок) зв'язати наступний код:

```
Private Sub Command1_Click()
  Y = f(X)
  Y.Visible = True
End Sub
```

Цей код призначений для обчислення значення функції і присвоєння його властивості Text текстового поля Y (ім'я властивості Text можна опустити). При цьому поле стає видимим (з'являється на екрані), тому що його властивості Visible (Видимість) присвоєно значення True (Істина).

8. З подією Click кнопки Command2 (Вихід) зв'язати код.

```
Private Sub Command2_Click()
  End
End Sub
```

9. З подією GotFocus (Одержання фокуса) текстового поля X зв'язати код:

```
Private Sub X_GotFocus()  
Y.Visible = False  
End Sub
```

Ця подія виникає при переході до даного елемента (наприклад, клацанням або за допомогою Tab або Shift + Tab) і означає, готовність до прийому даних в поле X. Процедура обробки події робить невидимим поле Y, прибираючи з екрану результат попереднього розрахунку, що відноситься до старого змісту поля X.

10. Аналогічно створити код для обробки події GotFocus для текстового поля A:

```
Private Sub A_GotFocus()  
Y.Visible = False  
End Sub
```

11. З подією LostFocus (Втрата Фокуса) текстового поля X зв'язати код:

```
Private Sub X_LostFocus()  
If Not IsNumeric(X) Then  
X.SetFocus  
MsgBox "Неверное значение: не цифра"  
End If  
End Sub
```

Ця подія настає після втрати фокусу елементом управління, тобто після завершення введення або коригування даних і передачі фокусу іншому елементу. Наведена вище процедура обробки даної події за допомогою вбудованої функції IsNumeric () перевіряє, чи можна введенне значення перетворити до числового типу. При негативному результаті за допомогою вбудованої функції MsgBox виводиться повідомлення про помилку і фокус повертається до поля X для виправлення помилок.

12. Аналогічно з подією LostFocus текстового поля A зв'язати код:

```
Private Sub A_LostFocus()  
If Not IsNumeric(A) Then  
A.SetFocus  
MsgBox "Неверное значение: не цифра"  
End If  
End Sub
```

13. Зберегти проект в особистій папці дотримуючись вимог, викладені в розділі 4:

```
Форма: L2_<ФИО>_Form1  
Модуль: L2_<ФИО>_Module1
```

Проект: L2\_<ФІО>\_Project

**14.** Запустити програму на виконання і виконати розрахунок значень функції для різних значень аргументу.

## **Лабораторна робота № 13.**

### **Циклічний алгоритм. Табулювання функції і пошук екстремумів.**

**Робоче завдання:** Створити додаток для виведення на екран в окрему форму таблиці значень функції, заданої в лабораторній роботі № 2. Діапазон і крок зміни аргументу задавати при виконанні програми. Визначити максимальне і мінімальне значення в заданому діапазоні.

#### Короткі теоретичні відомості

Алгоритм циклічної структури - це обчислювальний процес, що містить багаторазові обчислення по одним і тим же математичним залежностям, але для різних значень назв змінних. Змінні, що змінюються в циклі, називаються параметрами циклу.

Кожен алгоритм циклічної структури містить такі елементи:

а) підготовка циклу - визначення початкових значень параметрів циклу;  
б) тіло циклу - дії, що повторюються багато разів для різних значень параметрів циклу;

в) модифікація циклу - зміна значень параметрів циклу;

г) управління циклом - перевірка умови виходу з циклу.

Табулювання функції - це формування і виведення на екран або принтер таблиці значень функції для значень аргументу ( $x$ ), що змінюються від деякого початкового значення ( $x_1$ ) до кінцевого ( $x_k$ ) з деяким кроком ( $h$ ). Для цього використовується цикл. При підготовці циклу аргументу присвоюється початкове значення ( $x = x_1$ ), в тілі циклу обчислюються і виводяться значення функції для поточного значення аргументу. Модифікація полягає в збільшенні аргументу на величину  $h$  ( $x = x + h$ ). Цикл завершується, коли після чергової зміни значення аргументу перевищить кінцеве значення ( $x \geq x_k$ ).

Пошук екстремумів функції на заданому відрізку методом перебору виконується в циклі, аналогічно табуляції. Замість висновку значення функції в кожній точці порівнюється з найбільшим (найменшим) зі значень у всіх попередніх точках. Якщо поточне значення більше (менше) найбільшого (найменшого) з попередніх, то його треба вважати новим найбільшим (найменшим) значенням. В іншому випадку найбільшим (найменшим) значенням залишається значення функції певне в попередніх точках.

#### *Приклад виконання роботи.*

1. Увійти в середу *Visual Basic*, створити новий проект, привласнити йому ім'я *Lab3*.

2. Спроектувати форму приблизно, як на рис. 11.



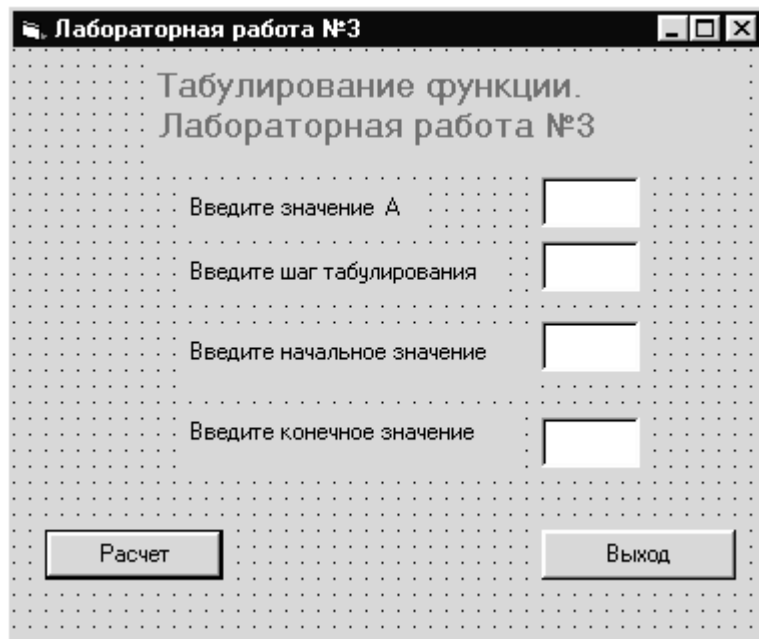


Рис. 11. Проект формы Form1.

Форма містить наступні елементи управління:

а) текстові поля (TextBox):

A - значення параметра a;

Xнас - початкове значення аргументу;

Xкон - кінцеве значення аргументу;

hх - крок табулювання (величина приросту аргументу).

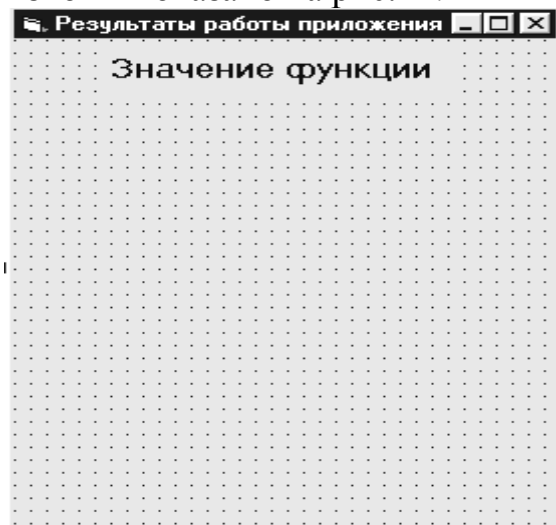
б) написи (Label) для кожного текстового поля і великої написи;

в) командні кнопки:

Command1 - виконання розрахунків;

Command2 - завершення роботи, вихід.

3. За допомогою команди Project □ Add Form (Проект □ Додати Форму) створити форму Form2 для розміщення результатів роботи програми, включивши в неї один об'єкт - напис, що містить заголовок таблиці, приблизно як показано на рис.12.



*Рис.12. Проект форми Form 2.*

4. Додати в проект модуль Module1, розроблений в рамках проекту Lab2 для обчислення значення функції в заданій точці. Для цього виконати команду Project □ Add File (Проект □ Додати файл). У вікні діалогу знайти свою папку і вибрати модуль L2\_ <ПІБ> \_Modul1.

5. У модулі форми Form1 створити наступний код обробки подій:

```
Private Sub Command1_Click()  
Dim YMin As Single, YMax As Single  
Dim X As Single, y As Single  
Dim i As Integer  
X = Xнас  
y = f(X)  
YMax = y: YMin = y  
Form2.Visible = True  
Form2.Cls  
Form2.CurrentY = 800  
Form2.CurrentX = 1000  
Form2.Print " x", " f(x)"  
Form2.CurrentX = 1000  
Form2.Print  
Do While X < Xкон  
y = f(X)  
Form2.CurrentX = 1000  
Form2.Print Format(X, "####0.00"), Format(y, "###0.000")  
If y > YMax Then YMax = y  
If y < YMin Then YMin = y  
X = X + hX  
Loop  
Form2.Print  
Form2.Print "Максимальное значение", Format(YMax, "###0.000")  
Form2.Print "Минимальное значение", Format(YMin, "###0.000")  
End Sub
```

6. Створити коди обробки подій для командної кнопки Command2 і текстових полів Xнас, Xкон, hх і А форми аналогічно тому, як це зроблено в лабораторній роботі №2 (пп.8-12).

7. Зберегти проект в особистій папці, дотримуючись вимог, викладені в розділі 4, тобто, присвоївши наступні імена файлів:

Форма 1: L3\_<ФІО>\_Form1  
Форма 2: L3\_<ФІО>\_Form1  
Проект: L3\_<ФІО>\_Project

8. Запустити програму на виконання. Виконати розрахунки кілька разів, змінюючи діапазон і крок табулювання.

## **Лабораторна робота № 14.**

### **Створення та обробка масивів.**

**Робоче завдання:** Розробити вдосконалене додаток для табулювання функції, що забезпечує прокрутку таблиці значень при великих її обсягах, а також перерисовку таблиці при зміні розмірів вікна. Для проміжного зберігання розрахованих значень використовувати масиви.

Короткі теоретичні відомості.

Можна відзначити два недоліки проекту, розробленого в лабораторній роботі № 3:

- якщо обсяг таблиці перевищує розміри вікна форми Form2, що не помістилися частина таблиці просто втрачається і її не можна ніяк побачити, тому що в проекті не передбачена робота з смугами прокрутки;
- при зміні розмірів вікна з таблицею її вміст не приводиться у відповідність з новими розмірами.

Дана робота націлена на усунення цих недоліків.

У форму Form2 включається вертикальна смуга прокрутки VscrollBar (горизонтальна смуга використовується аналогічно). У процедурі обробки події Change, що виникає при зміні позиції бігунка в смугі прокрутки, здійснюється перерисовка форми відповідно до нової позицією бігунка. Позиція бігунка визначається значенням його властивості Value. Діапазон прокрутки (тобто мінімальне і максимальне значення позиції Value) визначаються значеннями властивостей Max і Min відповідно. Якщо величину цього діапазону визначити рівній кількості рядків в таблиці, то можна пов'язати позицію бігунка в смугі з номером першої виведеної на екран рядки, перемальовуючи форму кожен раз при зміні позиції бігунка.

Перемальовування форми здійснюється також і в процедурі обробки події Resize форми, яке виникає при будь-якій зміні розмірів форми (тобто її вікна).

Щоб кожен раз при перемальовуванні форми не повторювати заново розрахунки по формуванню таблиці значень функції, ці розрахунки винесені в окрему програму - TabFunc (табулювання функції). Отримана в цій процедурі таблиця значень не виводиться відразу на екран, а зберігається в пам'яті для подальшого багаторазового використання.

Висновок таблиці на екран здійснюється в іншій процедурі - PrntFunc (друк таблиці значень функції).

Для зберігання безлічі однорідних даних (таблиці значень аргументу і функції) використовується масив.

Масив - це структура, що складається з фіксованого числа компонент одного типу, кожен з яких має свій порядковий номер, званий індексом. Масив характеризується своїм ім'ям і розмірністю. Описується за допомогою інструкції Dim або Public із зазначенням в круглих дужках після імені масиву його кордонів - максимального індексу (або через кому максимальних індексів, якщо їх декілька):

## **Public | Dim <имя> (<границы>) As <тип>**

Всі елементи масиву мають одне спільне ім'я. Доступ до будь-якого елемента масиву здійснюється зазначенням цього імені, за яким в круглих дужках вказується індекс - число або вираз, що задає порядковий номер елемента в масиві. Відлік починається з нуля.

Якщо при оголошенні масиву його розмір невідомий, слід використовувати динамічний масив, що дозволяє змінювати розмір масиву в процесі виконання програми. Динамічний масив створюється в два етапи. Спочатку в Секція (General) (Declaration) контейнера (форми або модуля) масив визначається без вказівки розміру (але порожні дужки повинні бути присутніми). Потім за допомогою оператора Redim встановлюється фактичний розмір масиву:

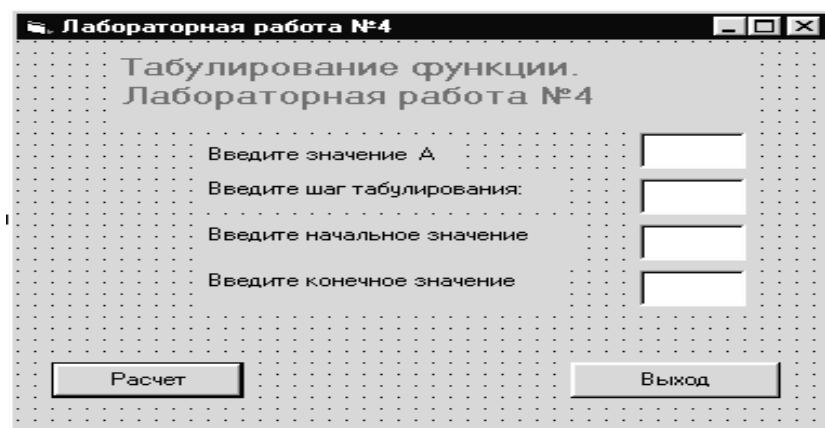
## **Redim <имя> (<границы>)[As<тип>]**

На відміну від звичайного Dim оператор Redim використовується тільки в процедурах. При цьому тип даних вказувати необов'язково, якщо він вже визначений в операторі Dim.

### ***Приклад виконання роботи***

1. Увійти в середу Visual Basic, створити новий проект, привласнити йому ім'я Lab4.

2. Створити проект форми Form1, як показано на рис.13. Елементи управління ті ж, що і в проекті Lab3.



*Рис.13 Проект форми Form1.*

3. Створити форму Form2, включити в неї крім заголовка елемент VscrollBar (вертикальна смуга прокрутки), як показано на рис.14.

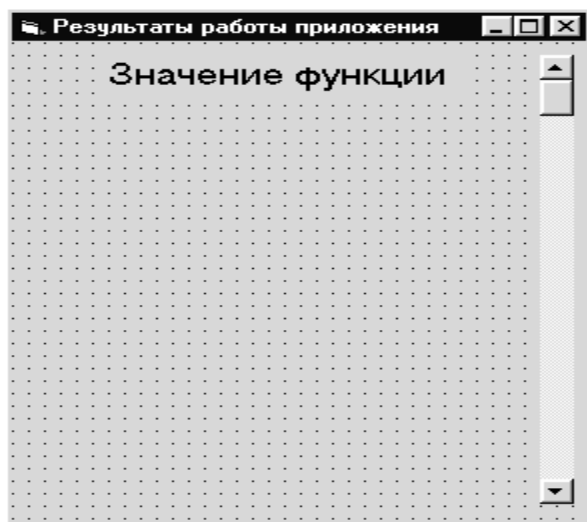


Рис.14. Проект формы Form2.

Встановити для смуги прокрутки властивості:

SmallChange = 1 (величина зміни властивості Value при натисканні на одній з двох кнопок зі стрілками).

LargeChange = 10 (величина зміни властивості Value при натисканні в області між бігунком і кнопкою зі стрілками).

Мінімальне значення діапазону прокрутки (Min) має бути встановлено в нуль (ця установка приймається за замовчуванням), а максимальне (Max) можна не ставити, тому що його значення буде встановлено в процедурі обробки.

4. Додати в проект модуль Module1, розроблений в проекті Lab2 (див. Лабораторну роботу №3, пункт 4) ..

5. Створити новий модуль Module2. У вікні коду цього модуля ввести наступний код:

```
Public XMin As Single, XMax As Single
Public YMin As Single, YMax As Single
Public n As Integer
Public MX() As Single, MY() As Single
' Определили массивы MX и MY без объявления размерности
Public Sub TabFunc(xn As Single, xk As Single, h As Single)
'Процедура табулирования функции

Dim x As Single, y As Single
Dim i As Integer

n = (xk - xn) / h
'Определяем размерность массива, т.е. количество точек в
'таблице значений (следует иметь в виду,
'что отсчет начинается с нуля)
ReDim MX(n), MY(n)
'Устанавливаем фактический размер массивов
Form2.VScroll1.Max = n
```

'Установили максимальное значение диапазона прокрутки

x = xn

y = f(x)

YMax = y: YMin = y

'Присвоили начальные значения для цикла и организовываем цикл

'для вычисления таблицы значений и определения максимального

'и минимального значений функции

For i = 0 To n

y = f(x)

MX(i) = x

MY(i) = y

If y > YMax Then YMax = y

If y < YMin Then YMin = y

x = x + h

Next

XMin = xn

XMax = xk

End Sub

Sub PrntFunc()

'Процедура перерисовки формы Form2

Form2.Cls

Form2.CurrentY = 800

Form2.CurrentX = 1000

Form2.Print " x", " f(x)"

' Form2.CurrentX = 1000

Form2.Print

'Очистили форму Form2 и вывели в нее заголовок таблицы.

'Далее в цикле выводим в форму Form2 значения X и Y.

'Выводятся только те строки, номера которых (i) больше или

'равны значения свойства Value полосы прокрутки в форме Form2)

'(определяется позицией бегунка в полосе прокрутки)

For i = 0 To n

If i >= Form2.VScroll1.Value Then

Form2.CurrentX = 1000

Form2.Print Format(MX(i), "#####0.00"), Format(MY(i), "###0.000")

End If

Next

Form2.Print

Form2.Print " Максимальное значение", Format(YMax, "###0.000")

```
Form2.Print " Минимальное значение", Format(YMin, "###0.000")
'Вывели в форму Form2 строки с максимальным и минимальным значениями.
```

```
End Sub
```

6. У модулі форми Form1 створити наступний код (обробка подій для елементів форми аналогічно тому, як це було зроблено в лабораторних роботах №12 або №13):

```
Private Sub A_LostFocus()
'Обработка события Потеря фокуса
'для элемента управления A
If Not IsNumeric(A) Then
A.SetFocus
MsgBox "Неверное значение: не цифра"
End If
End Sub
```

```
Private Sub Xnac_LostFocus()
'Обработка события Потеря фокуса
'для элемента управления Xnac
If Not IsNumeric(Xnac) Then
Xnac.SetFocus
MsgBox "Неверное значение: не цифра"
End If
End Sub
```

```
Private Sub Xkon_LostFocus()
'Обработка события Потеря фокуса
'для элемента управления Xkon
If Not IsNumeric(Xkon) Then
Xkon.SetFocus
MsgBox "Неверное значение: не цифра"
End If
End Sub
```

```
Private Sub hX_LostFocus()
'Обработка события Потеря фокуса
'для элемента управления hX
If Not IsNumeric(hX) Then
hX.SetFocus
MsgBox "Неверное значение: не цифра"
End If
End Sub
```

```

Private Sub Command1_Click()
'Обработка события Щелчок для командной кнопки
'Расчет
'Вызывается процедура TabFunc для табулирования
'функции
'Затем форма Form2 делается видимой и вызывается
'процедура PrntFunction для перерисовки формы
'Form2.
    TabFunc Xнас, Xkon, hX
    Form2.Visible = True
    PrntFunc
End Sub

```

```

Private Sub Command2_Click()
'Обработка события Щелчок для командной кнопки Вы
'ход
    Unload Form2
    End
End Sub

```

7. У модулі форми Form2 створити наступний код:

```

Private Sub Form_Resize()
'Обработка события Resize (Изменение формы) для
'формы
'С помощью процедуры PrntFunc осуществляется
'перерисовуа формы
'Затем перерасчитывается высота полосы прокрутки
'(VScroll1.Height)
'и расстояние ее от левого края формы
'(VScroll1.Left)
    PrntFunc
    VScroll1.Height = Form2.ScaleHeight –
VScroll1.Top + ScaleTop
    VScroll1.Left = Form2.ScaleWidth –
VScroll1.Width - 50
End Sub

```

```

Private Sub VScroll1_Change()
'Реакция на изменение позиции бегунка
'перерисовывается форма.
    PrntFunc
End Sub

```



8. Зберегти проект в особистій папці, присвоївши імена файлів відповідно до вимог розділу 4.

Форма 1: L4\_<ФІО>\_Form1  
Форма 2: L4\_<ФІО>\_Form2  
Модуль2: L4\_<ФІО>\_Module2  
Проект L4\_<ФІО>\_Project

9. Запустити програму на виконання. Дослідити, як веде себе додаток при зміні позиції бігунка в смузі прокрутки і при зміні розмірів вікна форми **Form2**.

### ***Лабораторна робота № 15.***

елементи графіки

Мета: Подальше освоєння роботи з об'єктами Visual Basic. Використання графічних методів для малювання графіків функції.

Робоче завдання: На основі проекту Lab4 розробити новий проект, включивши в нього блок виведення графіка функції на екран. Передбачити масштабування графіка, в залежності від розмірів вікна.

#### Короткі теоретичні відомості

Для виведення елементів графіки у вікні форми використовуються такі методи форм, як:

Pset - малювання точки;  
Line - малювання лінії;  
Circle - малювання кола або еліпса.

При побудові графіка функції виникає наступна проблема: програмні (математичні) координати точок, що задають контури графічного зображення не збігаються за своїми меж з фізичними межами вікна форми. Тому необхідно привести у відповідність математичні координати і екранні шляхом перетворення математичних координат в екранні.

Межі зміни екранних координат - це розміри доступною для обробки робочої зони форми, які можна отримати з властивостей ScaleHeight і ScaleWidth. Відлік координат ведеться з лівого верхнього кута (нульова точка).

Слід нагадати, що екранні координати вимірюються в твіпах і являють собою цілі числа.

Межі зміни програмних координат - це початкове і кінцеве значення меж зміни аргументу функції  $X_n$ ,  $X_k$  і її максимальне та мінімальне значення  $Y_{min}$  і  $Y_{max}$ , (визначаються при табулюванні функції). Відлік координат ведеться з лівого нижнього кута (точка  $X_n$ ,  $Y_{min}$ ). Математичні координати зазвичай речові числа.

Таким чином, можна визначити коефіцієнти пропорційності (масштабні множники) як відношення меж зміни екранних і математичних координат:

$$kX = \text{ScaleWidth} / (X_{\max} - X_{\min})$$
$$kY = \text{ScaleHeight} / (Y_{\max} - Y_{\min})$$

Тоді програмні координати перетворюються в екранні таким чином:

$$X_{\text{э}} = (X - X_{\min}) * kX$$

$$Y_{\text{э}} = (Y_{\max} - Y) * kY$$

У прикладі виконання лабораторної роботи для того, щоб на екрані завжди зображувалися і осі координат при визначенні меж зміни математичних координат в разі, якщо інтервал знаходиться повністю за одну сторону від будь-якої осі координат, він розширюється до початку координат.

### ***Приклад виконання роботи***

1. Увійти в середу Visual Basic і завантажити (відкрити) проект Lab4. Змінити його ім'я на Lab5.

2. Зберегти компоненти проекту Form1 і Form2 в особистому каталозі під новим ім'ям, відповідному лабораторній роботі Lab5. Для цього виділити компонент у вікні проекту, клацнути на пункті File операційного меню і вибрати рядок Save <ім'я> As .... У вікні діалогу набрати повне ім'я файлу відповідно до вимог п.4:

L5\_<ФІО>\_Form1

L5\_<ФІО>\_Form2

Для збереження всього проекту під новим ім'ям (після збереження форм) виконати команду File □ Save Project As ... (Файл □ Зберегти Проект Як ...) і у вікні діалогу ввести нове ім'я файлу проекту:

L5\_<ФІО>\_Project

3. Змінити текст заголовка (властивості Caption) у формі Form1 і написи Label.

4. Створити форму Form3.

5. Створити новий модуль Module3, включивши в нього наступний код:

```
Public Kx As Single
```

```
Public Ky As Single
```

```
Public Sub Graph()
```

```
'Процедура построения графика функции
```

```
Dim i As Integer
```

```
'Уточнение границ областей изменения аргумента и  
'функции
```

```

If XMin > 0 Then XMin = -(XMax - XMin) / 50
If XMax < 0 Then XMax = (XMax - XMin) / 50
If YMin > 0 Then YMin = -(YMax - YMin) / 50
If YMax < 0 Then YMax = (YMax - YMin) / 50

```

```

'Определяем масштабный множитель
'(коэффициент перехода от математических координат
'к экранным)
  Kx = Form3.ScaleWidth / (XMax - XMin)
  Ky = Form3.ScaleHeight / (YMax - YMin)

```

```

'Строим оси координат
Form3.Cls
Form3.Line (EkrX(0), 0)-(EkrX(0),
Form3.ScaleHeight)
Form3.Line (0, EkrY(0))-(Form3.ScaleWidth, EkrY(0))

```

```

'Строим график
For i = 1 To n
  Form3.PSet (EkrX(MX(i)), EkrY(MY(i)))
Next

```

End Sub

```

Function EkrX(x As Single) As Integer
'Перевод математической координаты X в экраную
'Функция CInt преобразует вещественные данные
'(результат вычисления) в целое

```

```

  EkrX = CInt((x - XMin) * Kx)
End Function

```

```

Function EkrY(y As Single) As Integer
'Перевод математической координаты Y в экраную
  EkrY = CInt((YMax - y) * Ky)
End Function

```

**6.** В процедуру обработки події Click командної кнопки Command1 (Розрахунок) форми Form1 додати інструкцію виклику процедури малювання графіка, а в процедуру обработки події Click командної кнопки Command2 (Вихід) - інструкцію для видалення форми Form3. Отримаємо наступний код (жирним виділені додані рядки):

```

Private Sub Command1_Click()
'Обработка события Щелчок для командной кнопки

```

```
'Расчет
'Последовательно вызываются процедуры:
' * - табулирования
' * - печать таблицы значений
' * - рисование графика функции
'При отрисовке в каждой форме эта форма
'делается видимой(свойство Visible)
'и выносится на передний план путем передачи этой
'форме фокуса (метод SetFocus)
```

```
    TabFunc Xнас, Xкон, hX
    Form2.Visible = True
    Form2.SetFocus
    PrntFunc
    Form3.Visible = True
    Form3.SetFocus
    Graph
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Command2_Click()
'Обработка события Щелчок для командной кнопки
'Выход
```

```
    Unload Form2
    Unload Form3
    End
End Sub
```

Рядки Form2.SetFocus і Form3.SetFocus необхідні для того, щоб «витягнути» ці форми на передній план (помістити зверху інших вікон)

7. У модулі форми Form3 набрати наступний код:

```
Private Sub Form_Resize()
    Graph
End Sub
```

8. Використовуючи вікно управління розкладкою (FormLayout) вибрати найбільш зручне розташування форм на екрані під час запуску програми.

9. Зберегти новий компонент проекту модуль Module3 в особистій папці, привласнити йому ім'я у відповідність до вимог розділу 4:

```
L5_<ФІО>_Module3
```

**10.** Запустити програму на виконання. Поспостерігати його роботу, змінюючи значення параметрів і клацаючи «Розрахунок». Змінити розміри форми Form3.

Примітка. В даному прикладі при побудові графіка застосований «точковий» метод: графік на екрані представляється у вигляді безлічі точок. Причому, чим більше береться точок, тим краще виглядає графік. Можливий інший підхід - «отрезочний» метод, коли графік представляється у вигляді відрізків. З'єднують сусідні точки. Щоб виконати графік у вигляді сукупності відрізків, слід в процедурі Graph (див. П.5) замінити цикл малювання графіка на наступний:

```
For i = 1 To n
    Form3.Line (EkrX(MX(i - 1)), EkrY(MY(i - 1))) - (EkrX(MX(i)),
EkrY(MY(i)))
Next
```

### **Лабораторна робота № 16.**

#### **Файли, створення і обробка файлів, діалогові вікна.**

**Робоче завдання:** На основі проекту Lab5 розробити новий проект, включивши в нього висновок при необхідності отриманої таблиці значень в файл на магнітному диску і зворотне його читання. При збереженні і відкриття файлів згенерувати стандартні діалогові вікна за допомогою елемента управління Common Dialog Box.

#### Короткі теоретичні відомості

Масиви призначені для оперативного зберігання інформації. При виході з програми вся інформація, що міститься в масиві, втрачається. Для тривалого зберігання даних використовуються файли.

Файл - це послідовність логічно пов'язаних даних, розміщених на зовнішніх пристроях. На магнітному диску кожен файл зберігається під своїм унікальним ім'ям в будь-якої конкретної папці і може зберігатися невизначений час. Файл складається з записів. Запис - один рядок файлу. Кількість записів у файлі необмежено.

Перед роботою з файлом його необхідно відкрити:

```
Open <ім'я> For <режим> As # <номер>,
де:
```

<Ім'я> - ім'я файлу, що задається відповідно до правил операційної системи: диск: \ шлях \ ім'я. Якщо ім'я диска або шлях опущені - мається на увазі поточний. Це константа або змінна строкового типу;

<Режим> - режим доступу до файлу:

Input - читання з файлу;

Append - додавання в кінець файлу;

<Номер> - номер файлу, який використовується для наступних посилань на цей файл при зверненні до нього.

Запис в файл:

Write # <номер>, <список змінних>

Читання з файлу:

Input # <номер>, <список змінних>

Закриття файлу:

Close # <номер>

Кожен з операторів Write # і Input # обробляє (записує або читає) один запис (рядок) файлу.

Оскільки кількість записів у файлі необмежено, для розпізнавання кінця фала використовується функція EOF (<номер>), що повертає логічне значення «істина» (True), якщо досягнуто кінець файлу, або «брехня» (False) - в іншому випадку.

В операторах відкриття файлу (Open) необхідно вказати ім'я файлу з зазначенням шляху до нього (послідовності вкладених один в одного каталогів). Можна, звичайно, заздалегідь визначитися з ім'ям і задати його безпосередньо в операторі. У цьому випадку користувач буде позбавлений можливості змінювати ім'я файлу або його місце положення. Більш гнучким є підхід, при якому ім'я і розширення файлу визначається користувачем на етапі виконання програми, в звичному для нього і стандартному в Windows вікні діалогу «Відкрити» або «Зберегти». Ці вікна генеруються за допомогою елемента управління Common Dialog Box. Сам елемент не з'являється в формі на етапі виконання. Виклик відповідного вікна здійснюється в кодї за допомогою методів цього елемента управління. При цьому можна встановити відповідні властивості і проаналізувати результати, які повертаються методом.

Слід мати на увазі, що, хоча Common Dialog Box і є стандартним елементом управління, він не з'являється на панелі інструментів до тих пір, поки не буде додано на панель вручну за допомогою команди Project □ Components (Проект □ Компоненти).

### ***Приклад виконання роботи***

1. Увійти в середу Visual Basic і завантажити (відкрити) проект Lab5. Змінити його ім'я на Lab6.

2. Зберегти компоненти Form1, Form2 і Form3, потім і весь проект під новим ім'ям, відповідним номером лабораторної роботи і вимогам, викладеним в розділі 4.

3. Змінити текст заголовка (властивість Caption) у формі Form1 і напис в заголовному елементі Label.

4. Додати в панель інструментів елемент Common Dialog Box. Для чого:

- вибрати Project □ Components (Проект □ Компоненти) .;

- у вікні у вкладці Controls (Управління) встановити прапорець в рядку Microsoft Common Dialog Control 6.0;

- клацнути ОК.

5. У вікно форми Form1 додати елемент Common Dialog Box з ім'ям cdb. Можна помістити його в будь-яке місце. На етапі виконання цей елемент не бачимо.

6. Створити в формі Form1 командну кнопку Command3 з підписом «Запис».

7. Створити в формі Form1 командну кнопку Command4 з підписом «Читання». Форма матиме вигляд приблизно, як на рис. 15.

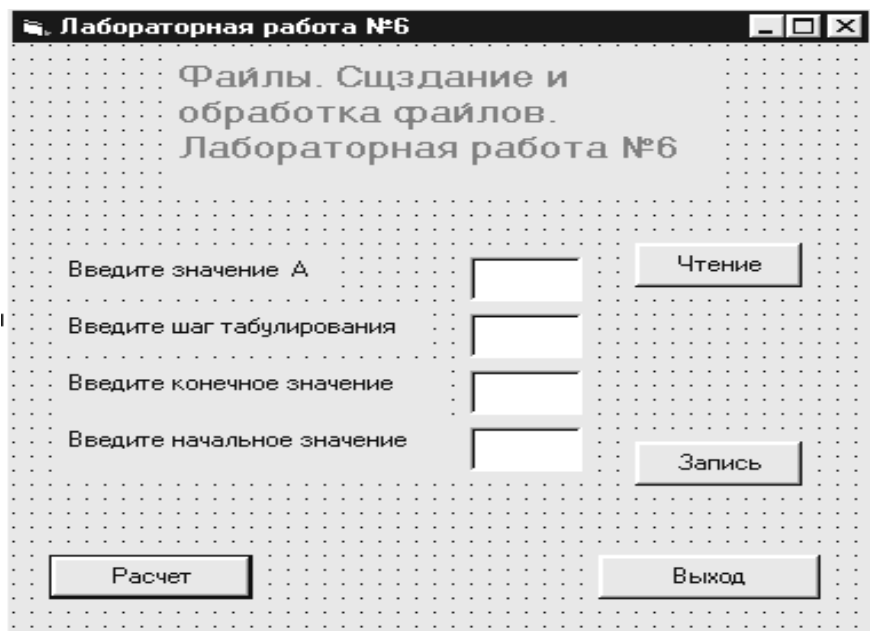


Рис. 15. Проект форми Form1.

8. З кнопками Command3 і Command4 зв'язати наступні коди:

```
Private Sub Command3_Click()
```

```
'Обработка события Щелчок для кнопки Запись
```

```
Dim Str As String
```

```
    cdb.DialogTitle = "Сохранить файл"
```

```
'Определили заголовок для окна диалога элемента управления
```

```
'Command Dialog Box
```

```
    cdb.ShowSave
```

```
'Вызвали метод Сохранить элемента управления
```

'Command Dialog Box для вывода на экран стандартного  
'окна диалога. Результатом его работы будет  
'выбранный пользователем путь к файлу (диск-каталог) -  
'свойство InitDir и имя файла - свойство FileName

Str = cdb.InitDir & cdb.FileName

Open Str For Output As #1

'Открыли файл на диске. Путь (диск-каталог) и имя файла  
'получено от элемента управления Command Dialog Box  
'после выполнения его метода Сохранить

Write #1, n, XMin, XMax, YMin, YMax

'Параметры таблицы значений вывели в первую запись

For i = 0 To n

Write #1, MX(i), MY(i)

Next

'В цикле вывели в файл всю таблицу значений

Close #1

'Закрыли файл

End Sub

Private Sub Command4\_Click()

'Обработка события Щелчок для кнопки Чтение

,

Dim Str As String

cdb.DialogTitle = "Открыть файл"

'Определили заголовок для окна диалога элемента управления

'Command Dialog Box

cdb.ShowOpen

'Вызвали метод Открыть элемента управления

'Command Dialog Box для вывода на экран стандартного

'окна диалога. Результатом его работы будет

'выбранный пользователем путь к файлу (диск-каталог) -

'свойство InitDir и имя файла - свойство FileName

Str = cdb.InitDir & cdb.FileName

Open Str For Input As #1

'Открыли файл на диске. Путь (диск-каталог) и имя файла

'получено от элемента управления Command Dialog Box

'после выполнения его метода Открыть



```

Input #1, n, XMin, XMax, YMin, YMax
'Прочитали параметры таблицы значений из первой записи

ReDim MX(n), MY(n)
'Установили фактический размер массивов

For i = 0 To n
    Input #1, MX(i), MY(i)
Next
'В цикле прочитали из файла всю таблицу значений

Close #1
'Закрыли файл

PrntFunc
Form2.Visible = True
Form2.SetFocus
Graph
Form3.Visible = True
Form3.SetFocus
'Вызвали процедуры печати таблицы значений и рисования
'графика. При этом сделали видимыми формы и поместили
'их на передний план, передав фокус.

End Sub

```

**9.** Запустити програму на виконання. Зробити кілька розрахунків для різних вихідних даних. Результати розрахунку зберегти на МД у вигляді файлів в особистій папці. Переглянути результати розрахунків, вибираючи їх з файлів на МД.

Лабораторня робота № 17

### **Створення операційного меню**

**Робоче завдання:** На основі проекту Lab6 розробити новий проект Lab7, включивши в нього рядок операційного меню, що містять пункти:

- Файл - збереження інформації в файл (запис в файл), читання з файлу, вихід з програми;
- Вид - опція: відображати /, не відображати - вікно з графіком; колір, яким зображується графік і колір осей координат; шрифт для відображення таблиці значень;
- Допомога - пусте;
- Вихід - завершення роботи.

## Короткі теоретичні відомості

У лабораторній роботі Lab6 для збереження інформації в файл і виборі з файлу інформації створені відповідні командні кнопки. У Windows, проте, операції подібного роду прийнято здійснювати за допомогою операційного меню. Тому, щоб користувач програми відчував себе більш комфортно і працював у звичній для нього середовищі такі кошти - (меню) слід включати в додаток. Visual Basic передбачає для цього відповідний елемент керування. Більш того, для швидкого створення меню в Visual Basic є спеціальне вбудоване засіб - Menu Editor (Редактор Меню), яке надається діалогове вікно, доступ до якого можна отримати з вікна Form натисканням комбінації клавіш Ctrl + E або викликати команду: Tools □ Menu Editor (Інструменти □ Редактор Меню)

На рис.16 представлено заповнене вікно Редактора Меню, стосовно до завдання лабораторної роботи.



Рис.16 Вікно діалогу Menu Editor.

Нижня половина вікна редактора меню відображає структуру керуючого меню в міру його створення або зміни. Верхня частина вікна містить опис конкретного пункту меню (виділеного в нижній частині).

За допомогою цього вікна можна як створювати нове меню, так і вносити зміни в уже існуючий: додати новий пункт перед поточним (Insert - Вставити) видалити поточний пункт (Delete - Видалити) переміщати їх на інше місце (кнопками зі стрілками вгору і вниз).

Кожна команда рядки меню може відкривати підлегле (спадний) меню, яке також може містити підлегле меню і т.д. Для вказівки редактору, що деякий пункт меню є підпунктом іншого, цей пункт слід створити з

відступом по відношенню до вищестоящого. Для цього використовуються керуючі кнопки зі стрілками вправо (зробити відступ) і вліво (прибрати відступ).

Після побудови меню необхідно пов'язати кожен пункт меню (кінцевий пункт) з кодом. Підтримується тільки одна подія - Click () вибір команди, незалежно від способу вибору - мишею, клавіатурою, гарячими клавішами. Тому, щоб відповідати на вибори з меню, слід для кожної команди меню створити процедуру обробки події Click. Для цього необхідно вибрати цю команду меню в процесі розробки проекту (в режимі конструктора), клацаючи відповідні пункти в меню (як це робиться при виконанні додатка). Visual Basic відобразить спадаючі меню форми, навіть при роботі з ним з вікна Form, показуючи, що станеться, коли користувач вибере відповідну команду під час виконання програми. При натисканні на останньому пункті в серії спадаючих меню (що не має підпунктів) відразу відкривається вікно Code (Код) для введення або коригування процедури обробки.

### ***Приклад виконання роботи***

1. Увійти в середу Visual Basic і завантажити (відкрити) проект Lab6. Змінити його ім'я на Lab7. Зберегти всі компоненти проекту, а потім весь проект під новим ім'ям, відповідним номером лабораторної роботи і вимогам, викладеним в розділі 4.

2. Натиснути Ctrl + E для виклику редактора меню.

3. Створити пункт меню Файл. Для цього у вікні Caption (Заголовок) задати заголовок меню - «& Файл». Символ & (амперсанд) перед буквою Ф вказує на можливість використання гарячої клавіші Alt + Ф. У вікні Name (Ім'я) задати ім'я елемента управління, що створюється редактором меню для цього пункту меню - mnuFile.

У нижній частині меню з'явиться рядок із щойно створеним пунктом.

4. Клацнути на кнопці Next (Наступний), щоб поінформувати редактор меню про необхідність додати в меню наступний пункт. Виділена підсвічуванням смуга в нижній частині вікна Menu Editor переходить вниз до наступного рядка для підготовки до наступного пункту меню.

5. Створити підпункт меню «Відкрити» з ім'ям mnuFileOpen, як сказано в пункті 3. Потім клацнути на керуючій кнопці зі стрілкою вправо для вказівки, що створюваний пункт меню є підпунктом вищого.

6. Аналогічно створити підпункти mnuFileSave (Зберегти) і mnuFileExit (Вихід) пункту mnuFile.

7. Створити пункт меню mnuView (Вид) з підпунктами mnuViewGraph (Показувати Графік), mnuViewColor (Колір Графіка) і mnuViewFont (Шрифт). При створенні підпункту mnuViewGraph у вікні редактора меню встановити прапорець Checked (Повірка). Цей прапорець задає наявність «галочки» поряд з підпунктом меню, вказуючи, що пункт діє як перемикач. «Галочка» відповідає значенню «істина» властивості Checked елемента управління mnuViewGraph.

8. Створити пункти меню mnuHelp (Допомога) та mnuExit (Вихід).

9. Зв'язати кожен командну кнопку меню (кінцевий пункт) з кодом обробки події Click. Для додавання коду необхідно вибрати потрібну команду в процесі розробки і клацнути на кінцевому пункті. При розробці процедур потрібно використовувати вже застосовується в минулій роботі елемент управління Common Dialog Box для відкриття і збереження файлу. Крім того, його необхідно використовувати для вибору кольору та шрифтів. Після введення всіх процедур повинен вийти приблизно такий код:

```
Private Sub mnuFileOpen_Click()  
'Обработка события Выбор команды Открыть из меню Файл  
'  
    Dim Str As String  
  
    cdb.DialogTitle = "Открыть файл"  
'Определили заголовок для окна диалога элемента управления  
'Command Dialog Box  
  
    cdb.ShowOpen  
'Вызвали метод Открыть элемента управления  
'Command Dialog Box для вывода на экран стандартного  
'окна диалога. Результатом его работы будет  
'выбранный пользователем путь к файлу (диск-каталог) -  
'свойство InitDir и имя файла - свойство FileName  
  
    Str = cdb.InitDir & cdb.FileName  
    Open Str For Input As #1  
'Открыли файл на диске. Путь (диск-каталог) и имя файла  
'получено от элемента управления Command Dialog Box  
'после выполнения его метода Открыть  
  
    Input #1, n, XMin, XMax, YMin, YMax  
'Прочитали параметры таблицы значений из первой записи  
  
    ReDim MX(n), MY(n)  
'Установили фактический размер массивов  
  
    For i = 0 To n  
        Input #1, MX(i), MY(i)  
    Next  
'В цикле прочитали из файла всю таблицу значений  
  
    Close #1  
'Закрыли файл  
  
    PrntFunc
```

```

Form2.Visible = True
Form2.SetFocus
Graph
Form3.Visible = True
Form3.SetFocus
'Вызвали процедуры печати таблицы значений и рисования
'графика. При этом сделали видимыми формы и поместили
'их на передний план, передав фокус.

End Sub

Private Sub mnuFileSave_Click()
'Обработка события Выбор из меню команды Сохранить
'
    Dim Str As String

    cdb.DialogTitle = "Сохранить файл"
'Определили заголовок для окна диалога элемента управления
'Command Dialog Box

    cdb.ShowSave
'Вызвали метод Сохранить элемента управления
'Command Dialog Box для вывода на экран стандартного
'окна диалога. Результатом его работы будет
'выбранный пользователем путь к файлу (диск-каталог) -
'свойство InitDir и имя файла - свойство FileName

    Str = cdb.InitDir & cdb.FileName
    Open Str For Output As #1
'Открыли файл на диске. Путь (диск-каталог) и имя файла
'получено от элемента управления Command Dialog Box
'после выполнения его метода Сохранить

    Write #1, n, XMin, XMax, YMin, YMax
'Параметры таблицы значений вывели в первую запись

    For i = 0 To n
        Write #1, MX(i), MY(i)
    Next
'В цикле вывели в файл всю таблицу значений

    Close #1
'Закрыли файл

End Sub

```

```
Private Sub mnuViewColor_Click()
```

```
'Обработка события команды Цвет графика
```

```
'из меню команды Вид
```

```
'
```

```
Dim Str As String
```

```
cdb.DialogTitle = "Цвет графика"
```

```
'Определили заголовок для окна диалога элемента управления
```

```
'Command Dialog Box
```

```
cdb.Flags = 2
```

```
' Установили флаг, предписывающий показывать расширенное окно
```

```
' цветовой палитры. Помещает колонку ДОБАВИТЬ В НАБОР и
```

```
' цветное поле для с маркером и линейкой назначения оттенка
```

```
' для добавления цвета в поля ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ОТТЕНКИ.
```

```
cdb.ShowColor
```

```
'Вызвали метод ShowColor элемента управления
```

```
'Command Dialog Box для вывода на экран стандартного
```

```
'окна диалога. Результатом его работы будет
```

```
'выбранный пользователем из палитры цвет в свойстве Color
```

```
'этого элемента. Значение этого свойства можно присваивать
```

```
'свойствам других элементов. Для изменения цвета графика
```

```
'присвоим это значение свойству ForeColor формы.
```

```
Form3.ForeColor = cdb.Color
```

```
If n <> 0 Then Graph
```

```
'Вызвали подпрограмму для перерисовки графика
```

```
End Sub
```

```
Private Sub mnuViewFont_Click()
```

```
'Обработка события Выбор команды Шрифт
```

```
'из меню Вид
```

```
Dim Str As String
```

```
cdb.DialogTitle = "Шрифт"
```

```
'Определили заголовок для окна диалога элемента управления
```

```
'Command Dialog Box
```

```
cdb.Flags = 1 + 256
```

```
'Установили флаг, который обеспечивает показ экранных
```

```
'шрифтов (1) и Показывает в окне диалога элементы, задающие
```

```
'эффект подчеркивания, зачеркивания и цвета.
```

```
cdb.ShowFont
```

```
'Вызвали метод ShowColor элемента управления
```

'Command Dialog Box для вывода на экран стандартного  
'окна диалога. Результатом его работы будет  
'выбранный пользователем шрифт

```
Form2.Font.Size = cdb.FontSize  
Form2.Font.Name = cdb.FontName  
Form2.Font.Underline = cdb.FontUnderline  
Form2.Font.Bold = cdb.FontBold  
Form2.Font.Italic = cdb.FontItalic  
Form2.ForeColor = cdb.Color
```

'Параметры шрифта присвоили соответствующим свойствам  
'формы Form2 /таблица значений/

```
PrntFunc
```

'Вызвали процедуру перерисовки формы Form2 /таблица значений/

```
End Sub
```

```
Private Sub mnuViewGraf_Click()
```

'Обработка события Выбор команды Показывать график

```
    If mnuViewGraf.Checked = False Then  
        mnuViewGraf.Checked = True  
        Form3.Visible = True
```

```
    Else  
        mnuViewGraf.Checked = False  
        Form3.Visible = False
```

```
    End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub mnuViewHelp_Click()
```

```
    MsgBox "Извините, Помощь отсутствует"
```

```
End Sub
```

```
Private Sub mnuExit_Click()
```

'Обработка события Выбор команды Выход из меню

```
    Unload Form2
```

```
    Unload Form3
```

```
    End
```

```
End Sub
```

```
Private Sub mnuFileExit_Click()
```

'Обработка события Выбор команды Выход из меню Файл

```
    Unload Form2
```

```
    Unload Form3
```

```
    End
```

End Sub

```
Private Sub Xnac_LostFocus()  
    If Not IsNumeric(Xnac) Then  
        Xnac.SetFocus  
        MsgBox "Неверное значение: не цифра"  
    End If  
End Sub
```

```
Private Sub Xkon_LostFocus()  
    If Not IsNumeric(Xkon) Then  
        Xkon.SetFocus  
        MsgBox "Неверное значение: не цифра"  
    End If  
End Sub
```

```
Private Sub hX_LostFocus()  
    If Not IsNumeric(hX) Then  
        hX.SetFocus  
        MsgBox "Неверное значение: не цифра"  
    End If  
End Sub
```

```
Private Sub A_LostFocus()  
    If Not IsNumeric(A) Then  
        A.SetFocus  
        MsgBox "Неверное значение: не цифра"  
    End If  
End Sub
```

```
Private Sub Command1_Click()  
'Обработка события Щелчок для командной кнопки Расчет  
'Последовательно вызываются процедуры:  
' * - табулирования  
' * - печать таблицы значений  
' * - рисование графика функции  
    TabFunc Xnac, Xkon, hX  
    Form2.Visible = True  
    Form2.SetFocus  
    PrntFunc  
    If mnuViewGraf.Checked = True Then  
        Form3.Visible = True  
        Form3.SetFocus  
    End If  
    Graph
```



```
End Sub
```

```
Private Sub Command2_Click()
```

```
'Обработка события Щелчок для командной кнопки Выход
```

```
    Unload Form2
```

```
    Unload Form3
```

```
End
```

```
End Sub
```

**10.** Змінити код підпрограми Graph, додавши в операторі виведення точки колір, взявши його з властивості Form1.cdb.Color

У процедурі mnuViewFont\_Click () необхідно обов'язково поставити параметр Flags. Він повідомляє Visual Basic, що потрібно відображати як шрифти True Top, так і будь-які інші встановлені в системі екранні і принтерні шрифти.

### ***Лабораторна робота № 18.*** **анімаційні рисунки.**

Використовуючи елемент управління Picture Box можна створити анімаційні програми за допомогою тих же методів, які використовуються в стоп-анімації, яка застосовується творцями фільмів.

Темп анімації задає елемент управління Timer. Через заданий в його властивості Interval (Інтервал часу) викликається процедура обробки події Timer цього елемента, в якій можна міняти положення зображення або навіть видозмінювати зображення. В результаті чого зображення «оживає».

Порядок виконання роботи

1. Знайти файл з картинками Face02.ico і Face03.ico і скопіювати їх в свою особисту папку.
2. Увійти в середу Visual Basic і створити новий проект. Присвоїти проекту ім'я Lab8.
3. Помістити в форму об'єкт Image і його властивості Picture привласнити значення Face02.ico.
4. Додати в форму об'єкт Timer. Властивості Interval цього об'єкта Picture привласнити значення 100, тобто 100 мілісекунд.
5. У вікні коду форми створити процедуру обробки події Timer.

```
Private Sub Timer1_Timer()
```

```
    Static Flag As Boolean
```

```
    If Image1.Top < 0 Or Image1.Top >= Form1.ScaleHeight -  
Image1.Height Then
```

```
        PHeight = -PHeight
```

```

End If
If Image1.Left < 0 Or Image1.Left >= Form1.ScaleWidth - Image1.Width
Then
    PWidth = -PWidth
End If

If Flag = True Then
    Flag = False
    Image1.Picture = LoadPicture("Face03.ico")
Else
    Flag = True
    Image1.Picture = LoadPicture("Face02.ico")
End If

Image1.Top = Image1.Top + PHeight
Image1.Left = Image1.Left + PWidth

End Sub

```

У цьому прикладі використана статична змінна Flag логічного типу. При кожному вході в підпрограму її значення змінюється на протилежне і в залежності від значення цієї змінної по черзі завантажуються одне з двох зображень.

Статичні змінні PHeight і PWidth задають величину (крок) переміщення у вертикальному і горизонтальному напрямку відповідно. При досягненні краю вікна знак збільшення змінюється на протилежний.

6. Зберегти проект, присвоївши його елементів наступні імена:

L8\_< Фιο>\_Form1

L8\_< Фιο>\_Project

7. Запустити програму на виконання (F5), щоб побачити на екрані переміщається особа, яка буде "посміхатися" і "гримасувати".

8. Змінюючи значення властивості Interval об'єкта Timer і константи Step (крок переміщення зображення на екрані), домогтися найбільш кращої якості анімації.

9. Модифікувати додаток. Створити в ньому меню, що складається з пунктів:

Інтервал часу;

Крок переміщення;

Вихід.

Пункт Крок переміщення складається з підпунктів

по вертикалі;

по горизонталі.

Створити коди для виконання команд створеного меню. Змінні PHeight і PWidth винесені в секцію General. У підсумку повинен бути отриманий приблизно наступний код:

```
Public PHeight As Integer
Public PWidth As Integer

Private Sub mnuInterval_Click()
    Dim str As String
    Do
        str = InputBox("Введите новый интервал времени", _
            "Изменение параметров анимации")
        If IsNumeric(str) Then
            Timer1.Interval = str
            Exit Do
        Else
            MsgBox "Неверное значение интервала: не цифра"
        End If
    Loop
End Sub

Private Sub mnuPeremGor_Click()
    Dim str As String
    Do
        str = InputBox("Введите новый интервал горизонтального
        перемещения", _
            "Изменение параметров анимации")
        If IsNumeric(str) Then
            PWidth = str
            Exit Do
        Else
            MsgBox "Неверное значение интервала: не цифра"
        End If
    Loop
End Sub

Private Sub mnuPeremVert_Click()
    Dim str As String
    Do
        str = InputBox("Введите новый интервал вертикального
        перемещения", _
            "Изменение параметров анимации")
        If IsNumeric(str) Then
            PHeight = str
            Exit Do
        End If
    Loop
End Sub
```

```

        Else
            MsgBox "Неверное значение интервала: не цифра"
        End If
    Loop

End Sub

Private Sub Exit_Click()
    End
End Sub

Private Sub Timer1_Timer()
    Static Flag As Boolean
    If Image1.Top < 0 Or Image1.Top >= Form1.ScaleHeight -
Image1.Height Then
        PHeight = -PHeight
    End If
    If Image1.Left < 0 Or Image1.Left >= Form1.ScaleWidth - Image1.Width
Then
        PWidth = -PWidth
    End If

    If Flag = True Then
        Flag = False
        Image1.Picture = LoadPicture("Face03.ico")
    Else
        Flag = True
        Image1.Picture = LoadPicture("Face02.ico")
    End If

    Image1.Top = Image1.Top + PHeight
    Image1.Left = Image1.Left + PWidth

End Sub

```

Додаток  
Таблиця П1 – Вираження для функції

ари ант	f1(x)	f2(x)	f3(x)
	$\text{tg}(2x)$	$\text{Sin}(3x)$	$\text{Cos}(x-2)$
	$4x+2$	$5/(X+0,$ 4)	$0,5/(2\text{Sin}(4x))$
	$\sqrt[3]{ x }-1$	$x^4/7$	$\sin^3 2x$
	$\sqrt[3]{\sin^2 x + \cos^4 x}$	$\text{Ctg}(X+0,4)$	$\text{Ln}(2X+0,5)$
	$x^3 - \ln x $	$\ln^3(x+4)$	$x^4 - x^{2-x}$
	$\sin(x^2)$	$e^{-X} + \sqrt[4]{x}$	$\ln(x^3 + x^2)$
	$(3x-1)/x^5$	$\ln^2 \sqrt{x+5} $	$\sqrt{1+x^2}$
	$x\cos(x)$	$1/(\text{tg}2x+1)$	$x^2 e^{-x}$
	$ x ^{1,2} \sin 3x$	$x^2 \cos x$	$\sin x^2 + x^{0,25}$
0	$ x ^{2x+1}$	$\sin x^2$	$\ln^2 x + \sqrt{x}$
1	$\sin^2 x^3$	$\text{Sin}(2x)$	$2 \sin(x - e^{-x})$
2	$2xe^{-x}$	$\text{Cos}(2x)$	$x^x - \cos x$
3	$\text{Ln}(2x+5)$	$\sin e^x$	$\frac{1}{x} \text{tg}x$
4	$\sin(2x+1)$	$(x+1)^2 \cos x^3$	$\sqrt{x^3-1} + \sin x^2$
5	$\text{Cos}(x)$	$\sqrt{x^3} \sin x$	$x^2 + \sin 5x$
6	$x(\sin(x)+2)$	$\ln(4x+1)^2$	$\ln^5 \sqrt{x+x^2}$
7	$x^4 + 2x^3 - x$	$\sin(2x)$	$x^{x+1} \sin x$
8	$ x ^5 \text{ctg} 2 x ^3$	$\ln(x+1)$	$e^{-2X} - \sqrt[3]{x}$
9	$\text{Sin}(4x)$	$\sqrt[5]{6x-x^2+1}$	$\sin x^{2x} - \cos x$

0	$\text{ctg}(3x-1)^2$	$2 + xe^{-x}$	$\sin^3 x^2$
1	$X\sin(x-1)$	$(x-1)^3 + \cos 2x^3$	$2\sqrt{x^3} \sin x^3$
2	$(2x+1)/x^5$	$e^{x+1} + \cos x$	$3\ln^5 \sqrt{\sin x + x^2}$
3	$3x^5 - \text{ctgx}^3$	$\ln(\sin 4x + 1)^2$	$\ln^3 \sqrt{2x + x^3}$
4	$1,3\sqrt{4+x^2}$	$3^{x+3}$	$5^{x+1} \sin 2x$
5	$e^{-3x}$	$\sin^3 x^4$	$e^{-X} + \sqrt[3]{3x}$