

Самостійна робота 9.1. Приклад розв'язання

Для деякого регіону виконується дослідження залежності між вартістю основних засобів та прибутком підприємства. Дані статистичних спостережень наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Статистичні дані

№ підприємства	Вартість основних засобів, млн.грн.	Прибуток, млн.грн.
1	2,50	1,20
2	2,80	1,50
3	5,00	4,50
4	3,60	2,20
5	3,00	1,90
6	4,20	3,10
7	4,50	3,40
8	5,60	4,80
9	3,90	2,80
10	6,00	5,40

За даними статистичних спостережень наведених в таблиці 1 виконати економетричний аналіз:

1) виконати ідентифікацію змінних та специфікацію моделі: сформулювати гіпотезу та поставити економічну задачу використовуючи діаграму розсіювання (кореляційне поле);

2) розрахувати оцінки параметрів моделі методом найменших квадратів (МНК) за системою нормальних рівнянь;

3) перевірити правильність розрахунків за допомогою побудови тренду на діаграмі розсіювання – оцінок параметрів моделі та коефіцієнта детермінації;

4) обчислити загальну, пояснену та непояснену дисперсії;

5) обчислити коефіцієнти детермінації та кореляції;

6) обчислити середню відносну похибку апроксимації;

7) зробити висновки з отриманих результатів;

8) побудувати тренди використовуючи діаграму розсіювання для інших форм математичної залежності, доступних в MS Excel та обрати найкращий з них використовуючи коефіцієнт детермінації.

Розв'язування

1) виконати ідентифікацію змінних та специфікацію моделі: сформулювати гіпотезу та поставити економічну задачу використовуючи діаграму розсіювання (кореляційне поле);

Формування теорії чи гіпотези та постановка конкретної економічної задачі.
На основі апріорної або інтуїтивної інформації про об'єкт дослідження висуваємо попередню гіпотезу про можливі причинні зв'язки та її напрямки; формуємо постановку задачі, на основі вивчення літературних джерел, логічних висновків економічної суті приймаємо гіпотезу про форму аналітичної залежності між досліджуваним чинниками.

Висуваємо гіпотезу, що прибуток підприємства залежить від вартості основних засобів (ОЗ). Відповідно, незалежною (факторною) змінною x буде вартість ОЗ, а результативною y – прибуток підприємства.

Для визначення форми аналітичної залежності використаємо діаграму розсіювання (кореляційне поле). Результат кожного спостереження (x_i, y_i) деякого економічного процесу відображається точкою на площині. Сукупність цих точок утворює хмарку, яка відображає зв'язок між двома змінними. Діаграма розсіювання є геометричною формою систематизації інформаційної бази процесу дослідження (рис. 1).

За шириною розкиду точок можна зробити висновок про тісноту зв'язку сукупності. Якщо точки розміщені близько одна до одної (у вигляді вузької смужки), то можна стверджувати про наявність відносно тісного зв'язку. Якщо точки на діаграмі розкидані широко, то має місце слабкий зв'язок між змінними.

Розміщення точок на діаграмі розсіювання (рис. 1) дає можливість зробити припущення (висунути гіпотезу) про існування лінійної форми зв'язку у вигляді функції:

$$\hat{y} = a_0 + a_1 x,$$

де $\hat{y}$ – розрахунковий прибуток, млн.грн.; x – вартість ОЗ, млн.грн.

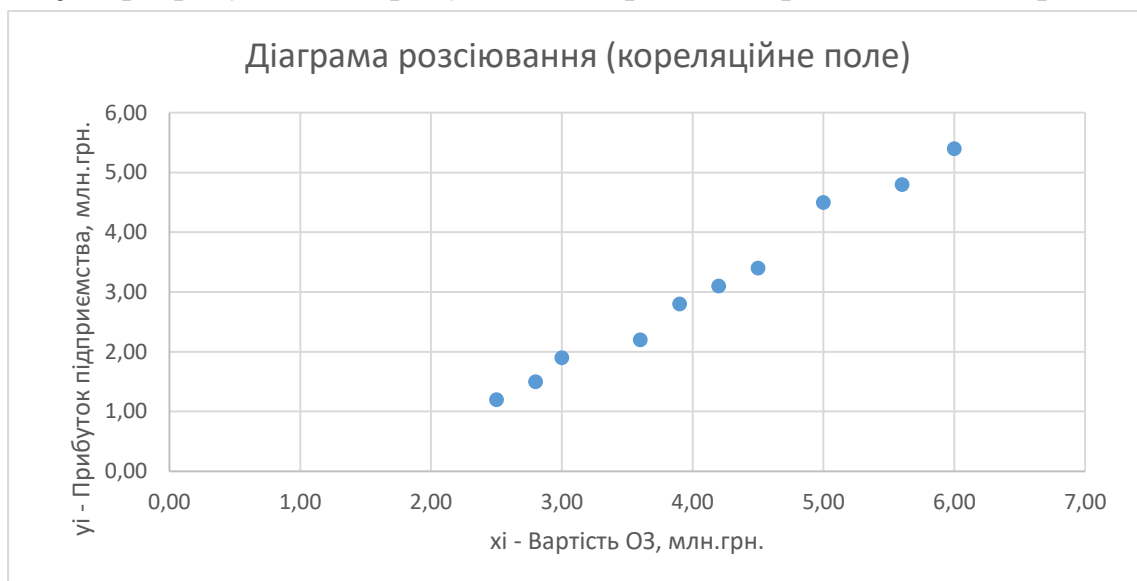


Рис. 1. Діаграма розсіювання (кореляційне поле)

2) розрахувати оцінки параметрів моделі методом найменших квадратів (МНК) за системою нормальних рівнянь;

Задачею регресійного аналізу є обчислення невідомих параметрів a_0, a_1 рівняння регресії $\hat{y} = a_0 + a_1 x$. При цьому необхідно досягти «найкращої» апроксимації. Найчастіше при цьому використовують метод найменших квадратів, що передбачає мінімізацію виразу:

$$Q(a_0, a_1) = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 = \sum_{i=1}^n u_i^2 \rightarrow \min \quad (9.3)$$

де $y_i, \hat{y}_i$ фактичні (емпіричні) та розрахункові (теоретичні) значення результативної ознаки.

Для знаходження параметрів a_0 та a_1 побудуємо систему нормальних рівнянь

$$\begin{cases} na_0 + a_1 \sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n y_i \\ a_0 \sum_{i=1}^n x_i + a_1 \sum_{i=1}^n x_i^2 = \sum_{i=1}^n y_i x_i \end{cases} \quad (9.4)$$

де n – кількість спостережень або довжина вибірки.

В системі рівнянь (9.4) невідомими величинами є параметри a_0 та a_1 . Шляхом розв'язання системи нормальних рівнянь, отриманих на основі методу найменших квадратів, отримаємо формули для розрахунку оцінок параметрів лінійної економетричної моделі a_0 та a_1 :

$$a_0 = \frac{\sum_{i=1}^n y_i \cdot \sum_{i=1}^n x_i^2 - \sum_{i=1}^n y_i x_i \cdot \sum_{i=1}^n x_i}{n \cdot \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2} \quad (9.5)$$

$$a_1 = \frac{n \sum_{i=1}^n y_i x_i - \sum_{i=1}^n x_i \cdot \sum_{i=1}^n y_i}{n \cdot \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2} \quad (9.6)$$

Праві частини в формулах (9.5) та (9.6) розраховуються на основі емпіричних (фактичних, вихідних) даних. Всі допоміжні результати розрахунків представлені в табл. 2

Таблиця 2

	ОЗ	Прибуток		
№ під-ва	X_i	Y_i	X_i^2	$X_i \cdot Y_i$
1	2	3	4	5
1	2,50	1,20	6,25	3,00
2	2,80	1,50	7,84	4,20
3	5,00	4,50	25,00	22,50
4	3,60	2,20	12,96	7,92
5	3,00	1,90	9,00	5,70
6	4,20	3,10	17,64	13,02
7	4,50	3,40	20,25	15,30
8	5,60	4,80	31,36	26,88
9	3,90	2,80	15,21	10,92
10	6,00	5,40	36,00	32,40
Сума	41,10	30,80	181,51	141,84

В результаті підстановки даних, наведених в табл. 2 в формули (9.5) та (9.6) було отримано такі значення оцінок параметрів:

$$a_0 = -1,8994$$

$$a_1 = 1,2115$$

Отже, отримаємо регресійне рівняння

$$\hat{y} = -1,8994 + 1,2115 \cdot x$$

3) перевірити правильність розрахунків оцінок параметрів моделі за допомогою побудови лінійного тренду на діаграмі розсіювання;

Для отримання кривої емпіричних (фактичних) даних в табличному редакторі *MS Excel* можна поєднати крапки діаграми розсіювання наведені, на рис. 1. Для цього спочатку скопіюємо діаграму і розмістимо її поруч з діаграмою розсіювання. В скопійованій діаграмі будемо продовжувати працювати. По-перше, її необхідно перейменувати у «Графік емпіричних (фактичних даних) та тренд». Далі, необхідно змінити тип діаграми. Для цього ставимо курсор на область діаграми та у вкладці «Конструктор діаграм» за допомогою вікна «Змінити тип діаграми» обрати «Точкова діаграма з прямими лініями та маркерами» як це відображено на рис. 2.

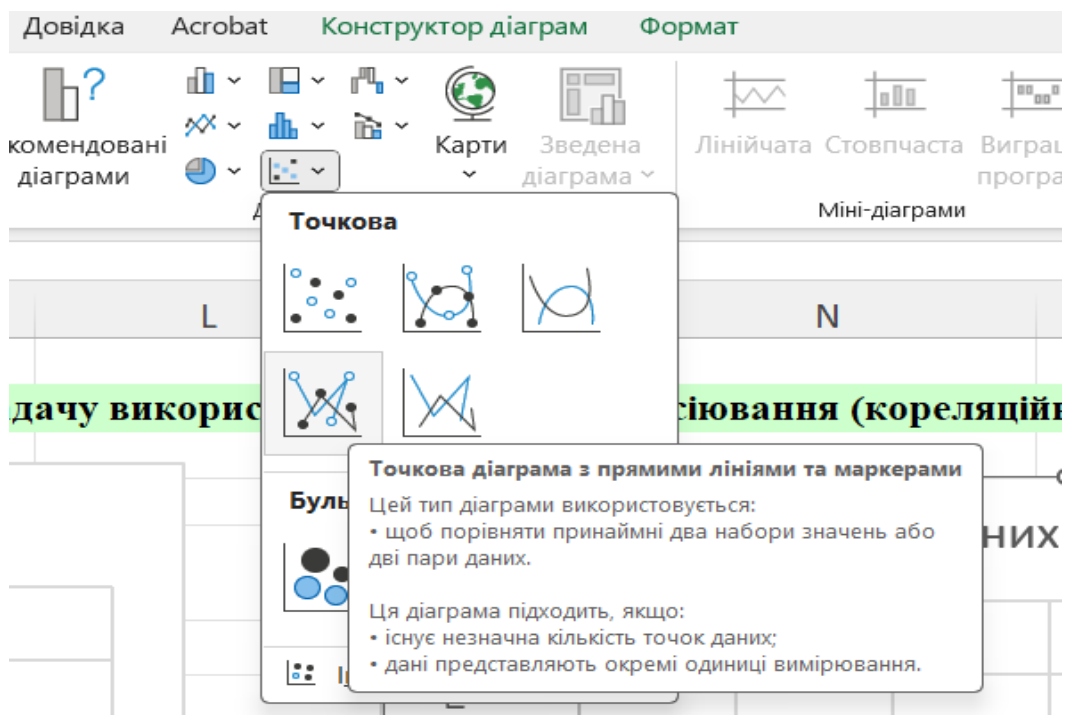


Рис. 2. Зміна типу діаграми.

В результаті отримаємо діаграму як на рис. 3.

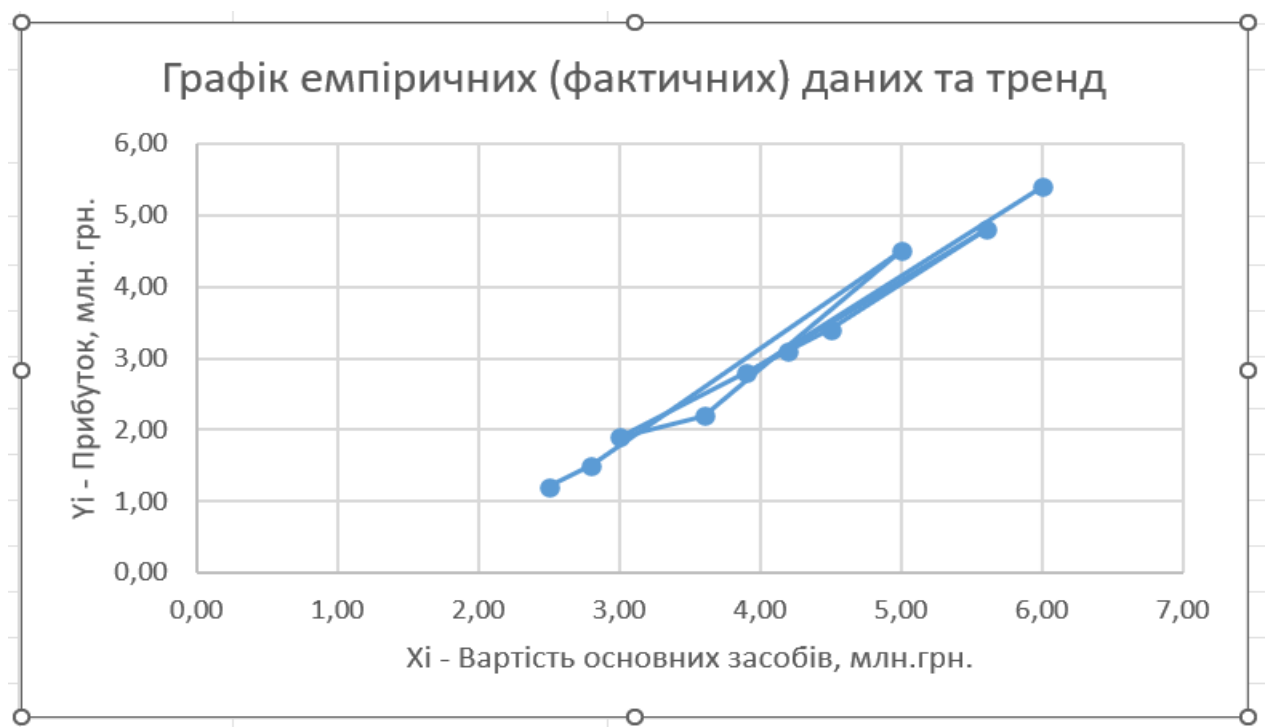


Рис. 3. Графік емпіричних (фактичних) даних та тренд

Отриманий графік не відповідає нашому припущенню (гіпотезі) про те, що залежність між наявними факторами, представленими в табл. 1 є лінійною. На рис. 3 видно досить хаотичний графік. Але справа не в самих даних, а їх розміщенні. Тому, спробуємо їх впорядкувати по змінній X . Для цього, вихідні дані табл. 1 відсортуємо від найменшого до найбільшого значень за стовпчиком «С», де знаходяться дані змінної X_i . Виокремлюємо на робочому аркуші курсором дані табл. 1 без назви стовпчиків, в розділі «Редагування» обираємо «Сортувати й фільтрувати» та реалізуємо «Налаштоване сортування» як це відображено на рис. 4.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
4			ОЗ	Прибуток	Сортування					
5		№ під- ва	X_i	Y_i	Додати рівень Видалити рівень Копіювати рівень Параметри... Дані з заголовками Стовпець: Стовпець С Сортування за: Значення клітинок Порядок: Від найменшого значення ОК Скасувати					
6		1	2,50	1,20						
7		2	2,80	1,50						
8		3	5,00	4,50						
9		4	3,60	2,20						
10		5	3,00	1,90						
11		6	4,20	3,10						
12		7	4,50	3,40						
13		8	5,60	4,80						
14		9	3,90	2,80						
15		10	6,00	5,40						
16										

Рис. 4. Налаштування настроюваного сортування

В результаті отримаємо відсортовані дані по змінній X_i , що видно на рис. 5

	ОЗ	Прибуток
№ під-ва	X_i	Y_i
1	2,50	1,20
2	2,80	1,50
5	3,00	1,90
4	3,60	2,20
9	3,90	2,80
6	4,20	3,10
7	4,50	3,40
3	5,00	4,50
8	5,60	4,80
10	6,00	5,40

Рис. 5. Відсортовані дані табл. 1 за зростанням змінної X_i

На робочому аркуші можна побачити, що побудований нами раніше графік емпіричних даних (рис. 3) автоматично перетворився в ламану (рис. 6), вигляд якої підтверджує нашу гіпотезу про лінійну залежність між факторами X (вартість основних засобів) та Y (прибуток підприємства).

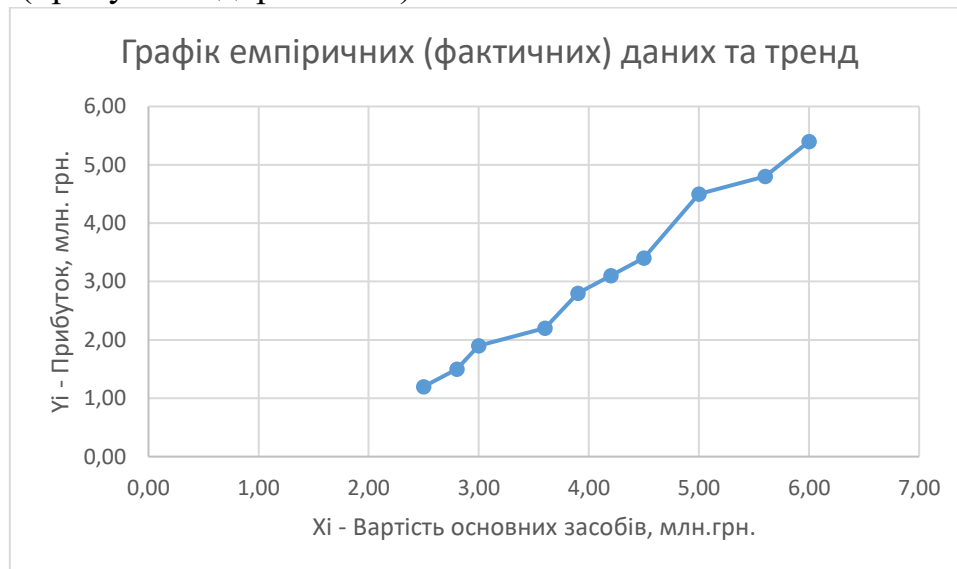


Рис. 6. Графік емпіричних (фактичних) даних

Крім цього, в табличному редакторі *MS Excel* є можливість побудувати тренд автоматично. Для цього ставимо курсор на область діаграми – справа з'являються іконки (рис. 7), з них обираємо «+».

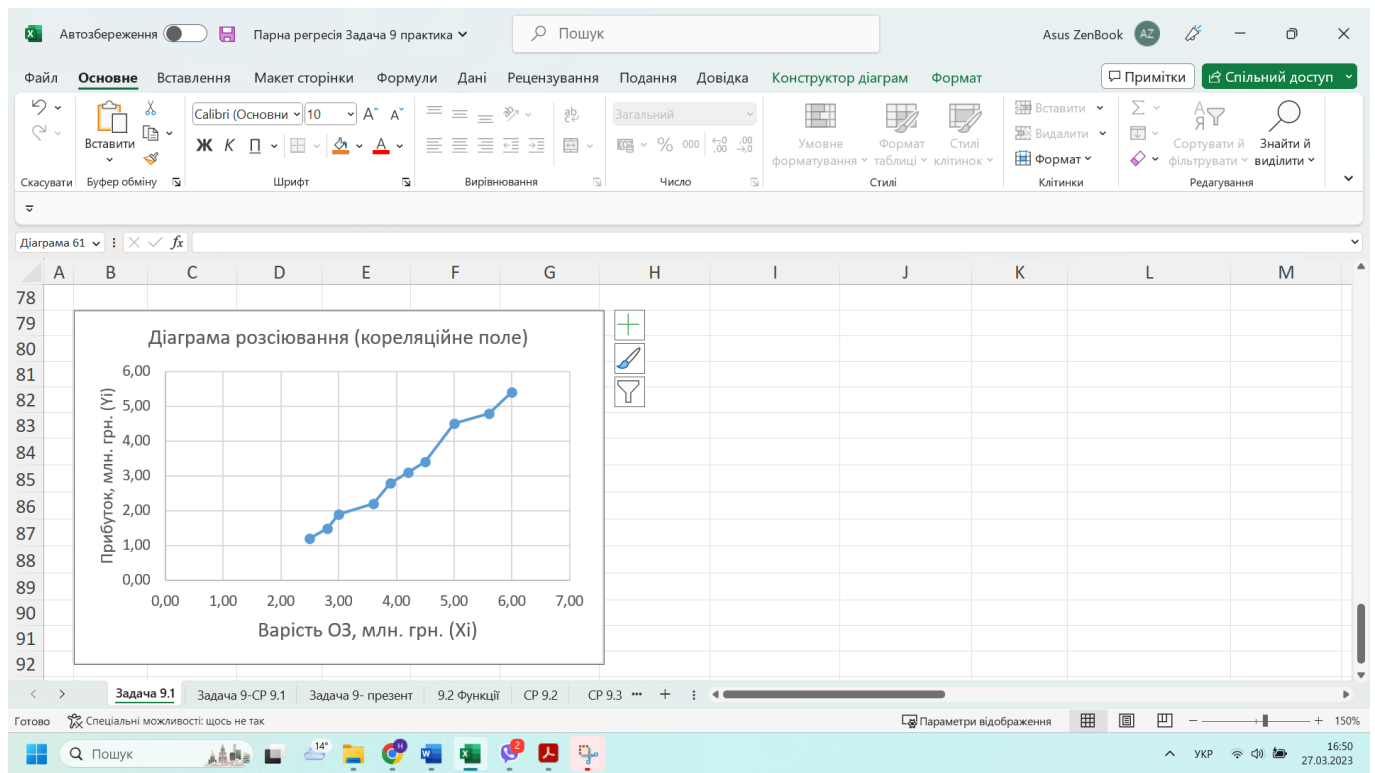


Рис. 7

З меню «Елементи діаграми», що випадає, поставити прапорець навпроти «Лінія тренду». За замовчуванням табличний редактор будує лінійний тренд – зображений пунктирною лінією на рис. 8.

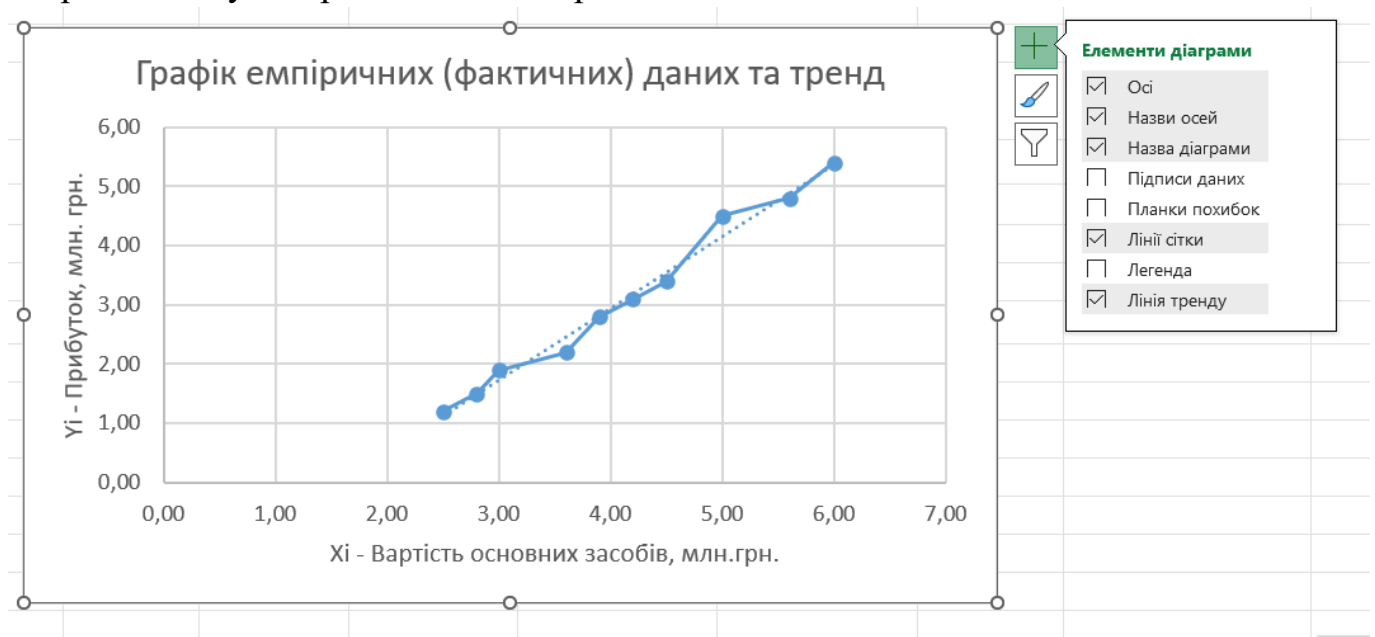


Рис. 8. Побудова лінійного тренду

Для додаткового форматування тренду, треба з меню «Елементи діаграми», що випадає, навести курсор на прапорець навпроти «Лінія тренду», але прапорець не ставити, а поставити курсор на слова «Лінія тренду». Тоді справа з'явиться ще одне меню, що випадає, в якому треба обрати «Додаткові параметри» як показано на рис. 9.

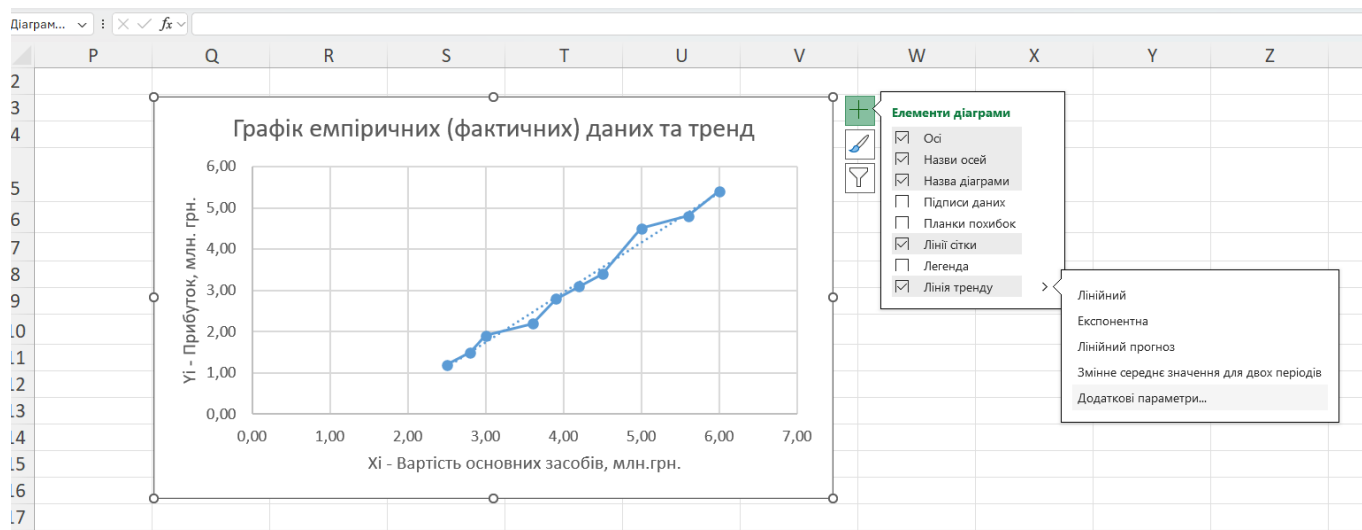


Рис. 9. Налаштування додаткових параметрів графіку (діаграми)

Далі – справа з'явиться вікно «Формат лінії тренду» як показано на рис. 10. В цьому вікні обираємо «Лінійна».

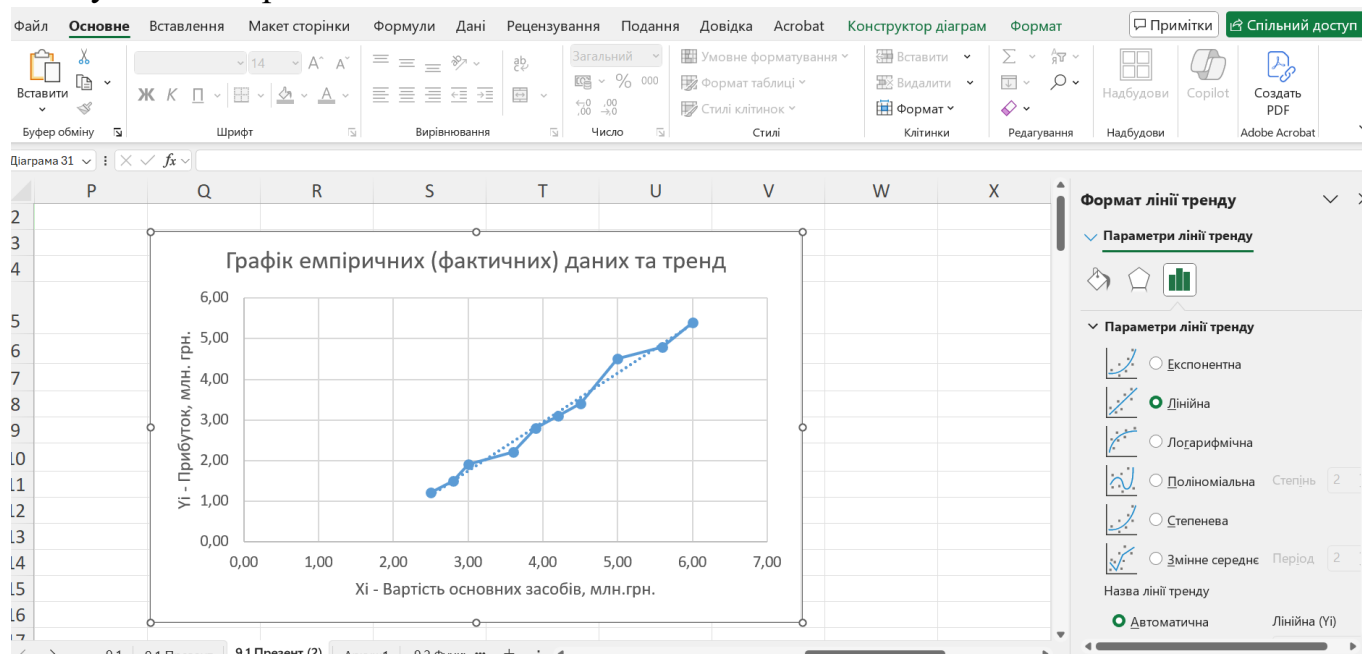


Рис. 10. Налаштування форматів ліній тренду

Для того, аби на графіку з'явилися написи з рівнянням лінії тренду та значенням коефіцієнту детермінації R^2 необхідно у вікні «Формат лінії тренду» в розділі «Параметри лінії тренду» поставити прапорець навпроти значень «Показувати рівняння на діаграмі» та «Показувати величину вірогідності апроксимації (R^2) на діаграмі» як показано на рис. 11.

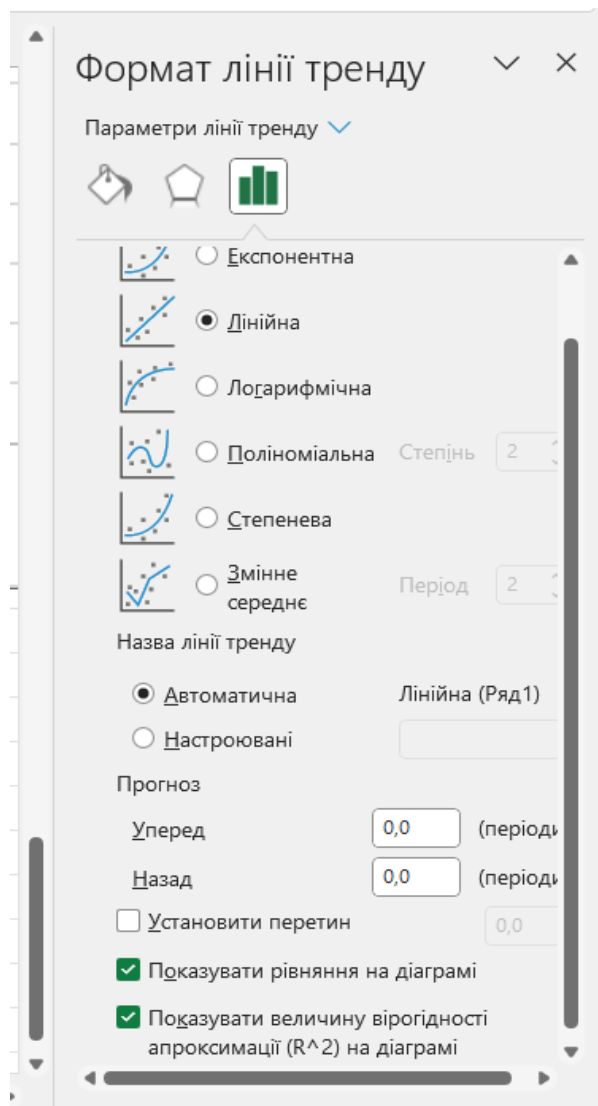


Рис. 11. Налаштування винесення рівняння регресії та коефіцієнта детермінації на діаграму

За допомогою ресурсів, розміщених в «Формат лінії трендів» можна робити різні налаштування графіків, а саме: колір, типи ліній, товщину тощо.

Поміняємо вид та колір лінії тренду на суцільну пряму червоного кольору за допомогою «Формат лінії трендів». В результаті отримаємо наступну діаграму (рис. 12).

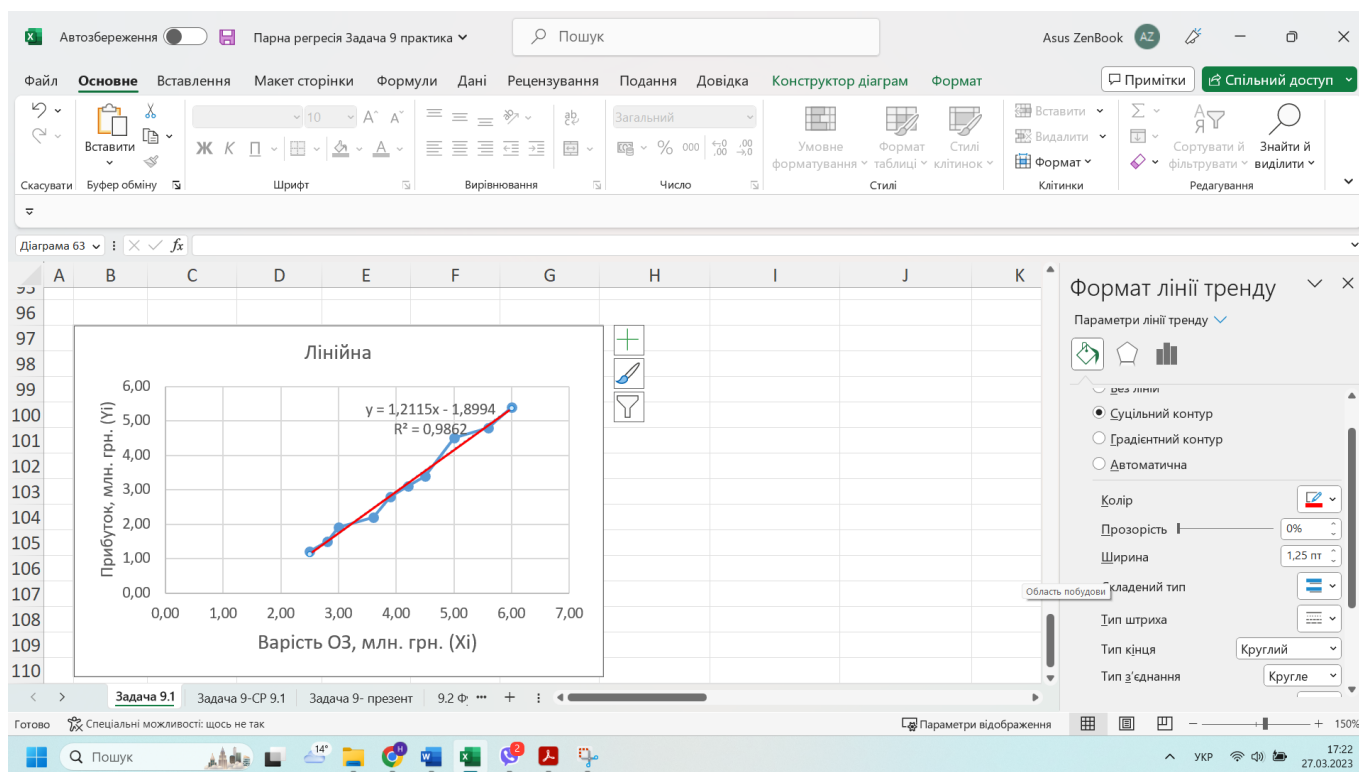


Рис. 12. Лінійний тренд

З даних рис. 12:

$$\begin{aligned} a_0 &= -1,8994 \\ a_1 &= 1,2115 \\ R^2 &= 0,9862 \end{aligned}$$

Значення параметрів моделі, розрахованих нами за допомогою системи нормальних рівнянь в завданні 2) збіглися з розрахованими за допомогою MS Excel, отже розрахунки зроблені вірно.

Щодо отриманого коефіцієнту детермінації, його значення перевіримо пізніше.

4) обчислити загальну, пояснену та непояснену дисперсії;

При виявленні зв'язку між варіацією факторної ознаки (x) і варіацією результативної ознаки (y) використовують такі *дисперсії*:

1) дисперсія, яка вимірює загальну варіацію за рахунок дії всіх факторів, або *загальна дисперсія*:

2) *пояснювальна дисперсія*, яка вимірює варіацію результативної ознаки y за рахунок дії факторної ознаки x або дисперсія, що пояснює регресію:

3) *залишкова (непояснювальна) дисперсія*, яка характеризує варіацію ознаки y за рахунок всіх факторів, крім x (тобто при виключенні x) або дисперсія помилок:

Для визначення таких дисперсій необхідно зробити проміжні розрахунки – їх наведено нижче у продовженні табл. 2:

№ під-ва	$(Y_i - Y_{\text{сер}})^2$	$Y_{\text{теор}}$	$(Y_{\text{теор}} - Y_{\text{сер}})^2$	$(Y_i - Y_{\text{теор}})^2$
1	6	7	8	9
1	3,53	1,13	3,80	0,0050
2	2,50	1,49	2,52	0,0001
3	2,02	4,16	1,16	0,1168
4	0,77	2,46	0,38	0,0687
5	1,39	1,74	1,81	0,0272
6	0,00	3,19	0,01	0,0079
7	0,10	3,55	0,22	0,0233
8	2,96	4,89	3,26	0,0073
9	0,08	2,83	0,06	0,0007
10	5,38	5,37	5,24	0,0009
Сума	18,74	30,80	18,48	0,2577

Звідси:

$$\sigma_{\text{загальна}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n} = \frac{18,74}{10} = 1,8736$$

$$\sigma_{\text{пояснювальна}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{n} = \frac{18,48}{10} = 1,8478$$

$$\sigma_{\text{непояснювальна}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n} = \frac{0,2577}{10} = 0,0258$$

Перевіримо розрахунки, відповідно правила додавання дисперсій:

$$\sigma_{\text{загальна}}^2 = \sigma_{\text{пояснювальна}}^2 + \sigma_{\text{непояснювальна}}^2 \quad (9.17)$$

$$1,8736 = 1,8478 + 0,0258$$

Отже, правило виконується, що означає, що розрахунки зроблені вірно.

5) обчислити коефіцієнти детермінації та кореляції;

Коефіцієнт детермінації R^2 використовується як критерій адекватності моделі, бо є мірою пояснювальної сили незалежності змінної x .

Коефіцієнт детермінації визначимо за формулою:

$$R^2 = \frac{\sigma_{\text{пояснювальна}}^2}{\sigma_{\text{загальна}}^2} = \frac{1,8478}{1,8736} = 0,9862$$

Оскільки коефіцієнт детермінації дорівнює 0,9862, то це означає, що теоретична пряма пояснює 98,62% або можна сказати, що 98,62% варіації прибутку підприємства

відбувається під впливом вартості основних засобів. А решта 1,38% - припадає на інші фактори та випадкові величини.

Тіснота (щільність) зв'язку між змінними x та y оцінюється *коефіцієнтом парної кореляції або коефіцієнтом кореляції Пірсона* r_{xy} (якщо зв'язок лінійний), який визначається за формулою:

$$r_{xy} = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n x_i \cdot y_i - \sum_{i=1}^n x_i \cdot \sum_{i=1}^n y_i}{\sqrt{\left[n \cdot \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right] \cdot \left[n \cdot \sum_{i=1}^n y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)^2 \right]}} \quad (9.10)$$

де n – довжина вибірки або кількість спостережень.

Всі складові формули для розрахунку *коефіцієнту кореляції Пірсона* r_{xy} вже були розраховані вище та наведені в табл. 2, крім $\sum_{i=1}^n y_i^2$. Отже, додаємо до табл. 2 ще один стовпчик та розраховуємо:

Продовження табл. 2

№ під-ва	Y_i^2
1	10
1	1,44
2	2,25
3	20,25
4	4,84
5	3,61
6	9,61
7	11,56
8	23,04
9	7,84
10	29,16
Сума	113,60

В результаті розрахунків було отримано таке значення коефіцієнту парної кореляції $r_{xy} = 0,9931$. Оскільки він дуже близький до 1, він показує, що між вартістю ОЗ та прибутком підприємства є сильний прямий зв'язок (зі зростанням фактору x зростає y).

6) обчислити середню відносну похибку апроксимації;

Після побудови моделі обчислюється також середня відносна похибка апроксимації, %:

$$\varepsilon = \frac{100}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right| \quad (9.27)$$

Середня похибка апроксимації показує в відсотках середнє для всіх значення відхилення результативного показника від розрахункових значень. Модель можна

вважати адекватною, якщо середня похибка апроксимації буде знаходитись у межах 12-15%.

Для розрахунку показника треба обчислити значення під сумою. Додаємо до таблиці ще один стовпчик та розраховуємо:

Продовження табл. 2

№ під-ва	ABS((Y _i -Y _{теор})/Y _i)
1	11
1	0,0588
2	0,0047
3	0,0759
4	0,1191
5	0,0867
6	0,0287
7	0,0449
8	0,0177
9	0,0091
10	0,0056
Сума	0,4514

$$\varepsilon = \frac{100}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right| = \frac{100}{10} \cdot 0,4514 = 4,51 \%, \text{ що менше } 12\%. \text{ Отже, модель можна}$$

вважати адекватною.

7) зробити висновки з отриманих результатів;

1. Розміщення точок на діаграмі розсіювання (рис. 1) дає можливість зробити припущення (або висунути гіпотезу) про існування лінійної форми зв'язку (залежності) між факторами x та y у вигляді функції $\hat{y} = a_0 + a_1x$, де $\hat{y}$ – розрахунковий прибуток, млн.грн.; x – вартість ОЗ, млн.грн.

2. Також гіпотезу (припущення) про лінійну залежність між факторами x та y підтверджує отримане в результаті розрахунків значення коефіцієнту парної кореляції $r_{xy} = 0,9931$. Оскільки це значення дуже близьке до 1, це показує, що між вартістю ОЗ та прибутком підприємства зв'язок майже лінійний або щільність лінійного зв'язку є тісною. Крім того, оскільки отриманий коефіцієнт *Пірсона* (парної лінійної кореляції) додатний ($r_{xy} = 0,9931 > 0$), то це вказує на те, що залежність між факторами x та y є прямою, тобто зі зростанням фактору x зростає фактор y).

Отже, за даними коефіцієнту кореляції *Пірсона* (лінійного) можемо підтвердити гіпотезу про сильний лінійний зв'язок між факторами x та y .

3. В результаті розрахунків методом найменших квадратів було отримано такі оцінки параметрів:

$$\begin{aligned} a_0 &= -1,8994 \\ a_1 &= 1,2115 \end{aligned}$$

Отже, отримаємо регресійне рівняння

$$\hat{y} = -1,8994 + 1,2115 \cdot x$$

Економічний зміст отриманих параметрів. Коефіцієнт при x називається коефіцієнтом регресії. Його величина вказує на середню зміну результативного фактору « y » при зміні фактору « x » на одну одиницю. В нашому випадку, він показує, що якщо вартість основних засобів збільшити на 1 млн. грн., то прибуток підприємства зросте в середньому на 1,2115 млн. грн.

Що стосується оцінки параметру a_0 , то в більшості випадків інтерпретується не саме значення a_0 , а його знак. Формально постійна величина $a_0 = -1,8994$ дає прогнозне значення y при $x=0$. Але правильно інтерпретувати можна лише знак при параметрі a_0 .

Якщо $a_0 > 0$, то відносна зміна фактору « y » відбувається повільніше, ніж зміна фактору « x ».

Якщо $a_0 < 0$, то відносна зміна фактору « y » випереджає зміну фактору « x ».

В нашому випадку a_0 від'ємне ($a_0 = -1,8994 < 0$). Отже, зміна фактору « y » (прибутку підприємства) відбуватиметься повільніше, ніж фактору « x » (вартості основних засобів підприємства).

4. Оскільки коефіцієнт детермінації дорівнює 0,9862, то це означає, що теоретична пряма пояснює 98,62% або можна сказати, що 98,62% варіації прибутку підприємства відбувається під впливом вартості основних засобів. А решта 1,38% – припадає на інші фактори та випадкові величини.

5. Середня відносна похибка апроксимації $\varepsilon = 4,51\%$, що менше 12%. Отже, модель можна вважати адекватною.

8) побудувати тренди використовуючи діаграму розсіювання для інших форм математичної залежності, доступних в MS Excel та обрати найкращій з них використовуючи коефіцієнт детермінації.

Специфікація моделі – це аналітична форма економетричної моделі. Специфікація моделі може здійснюватись за допомогою різних видів функцій, які можуть бути застосовані для вивчення взаємозв'язків.

Для побудови інших трендів треба скопіювати діаграму розсіювання. В цій новій діаграмі треба в меню, що випадає «Елементи діаграми» навести курсор на прапорець навпроти «Лінія тренду», але прапорець не ставити, а поставити курсор на слова «Лінія тренду». Тоді справа з'явиться ще одне меню, що випадає, в якому треба обрати «Додаткові параметри» як показано на рис. 9 – дивись завдання 3) **перевірити правильність розрахунків оцінок параметрів моделі за допомогою побудови лінійного тренду на діаграмі розсіювання.**

Після цього у вікні «Формат лінії тренду» в розділі «Параметри лінії тренду» поставити прапорець навпроти значень форми математичної залежності, якої потребуєте. Такі дії необхідно повторити поступово для всіх доступних в MS Excel ліній трендів, а саме: поліноміальна 2-го, 3-го, 4-го, 5-го та 6-го ступенів; експонентна; логарифмічна та степенева і для кожного з видів побудувати свій графік.

На робочому аркуші мають бути присутніми всі графіки, як це відображено на рис. 13-

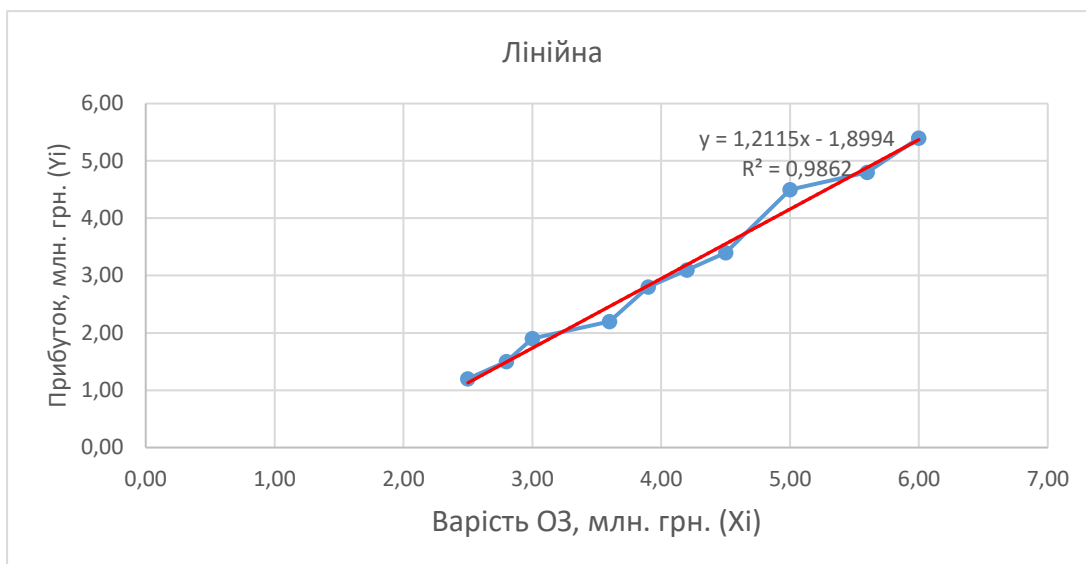


Рис. 13. Лінійний тренд

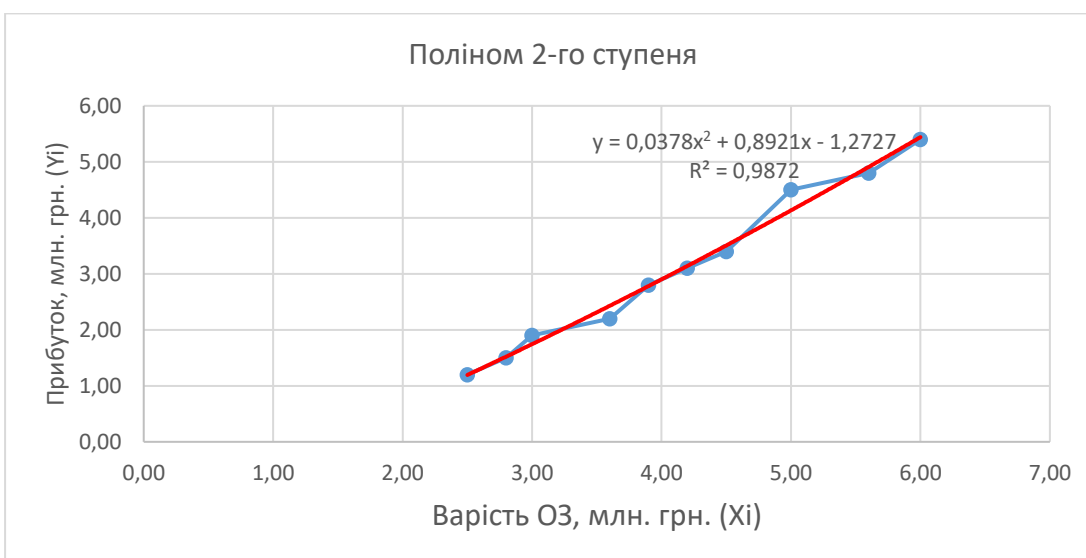


Рис. 14. Тренд полінома 2-го ступеня

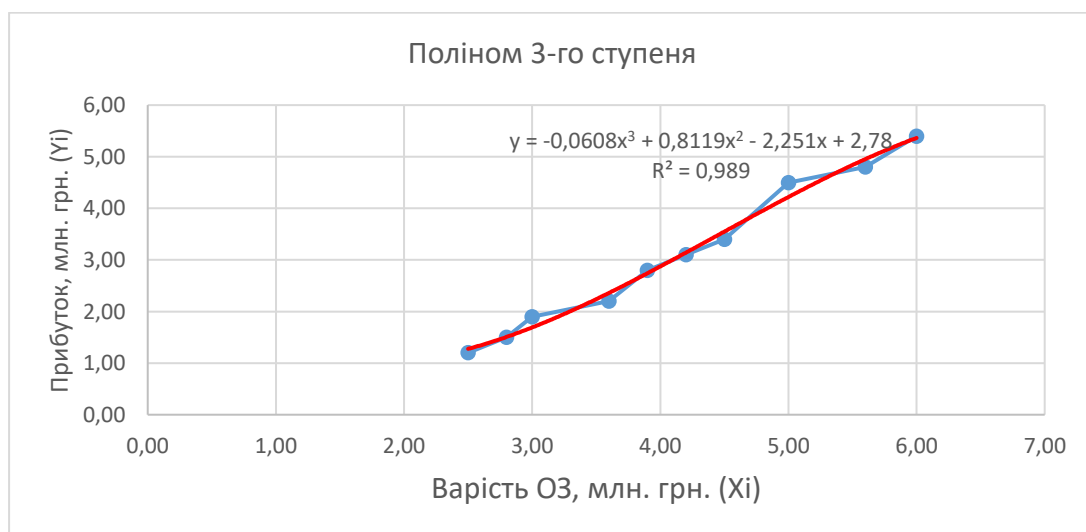


Рис. 15. Тренд полінома 3-го ступеня

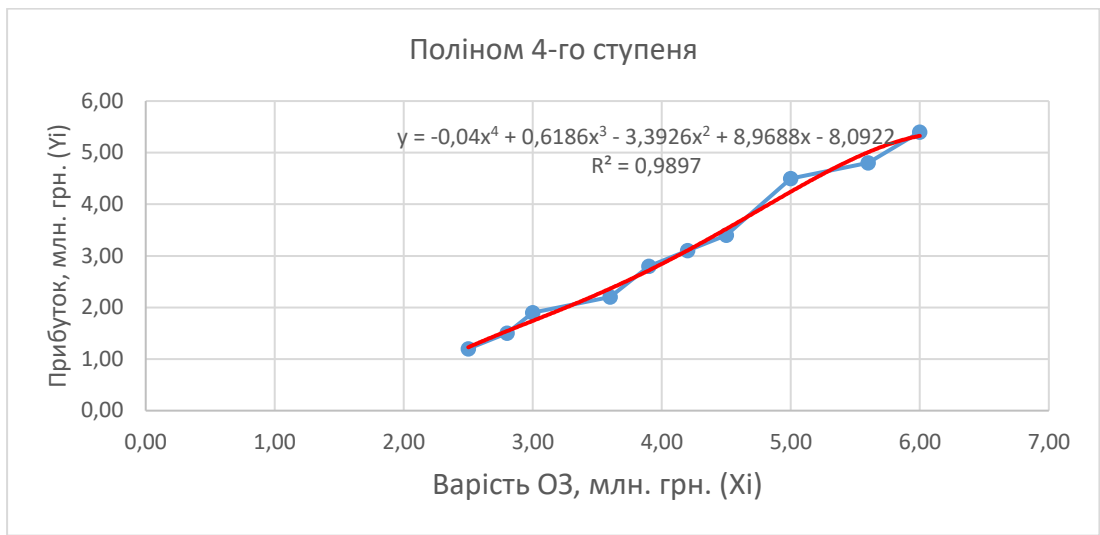


Рис. 16. Тренд полінома 4-го ступеня

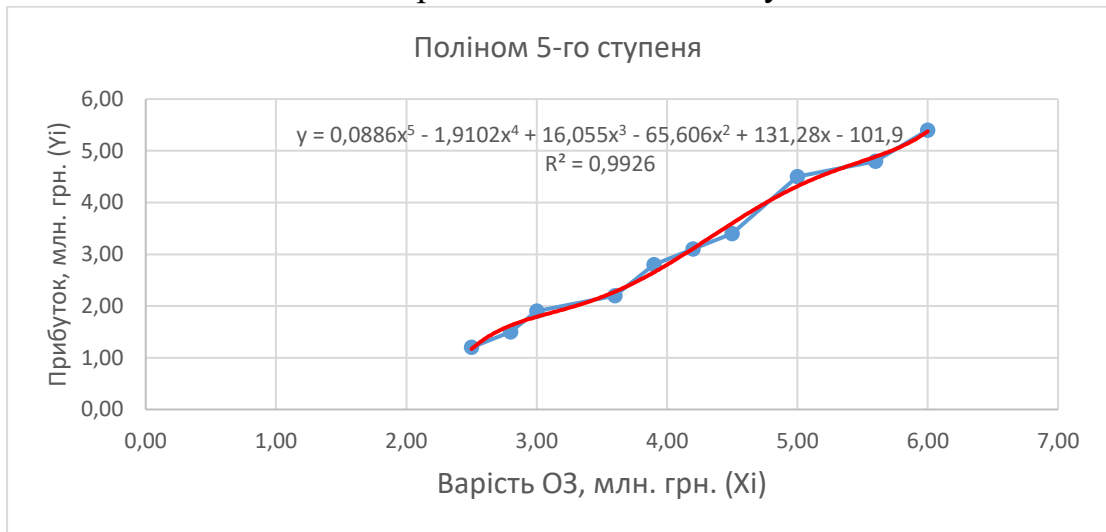


Рис. 17. Тренд полінома 5-го ступеня

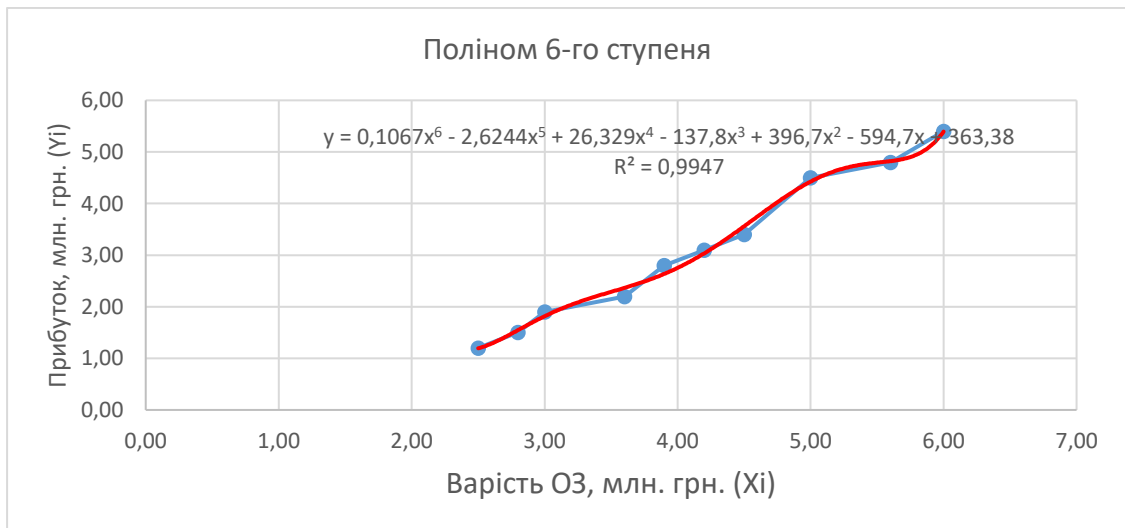


Рис. 18. Тренд полінома 6-го ступеня

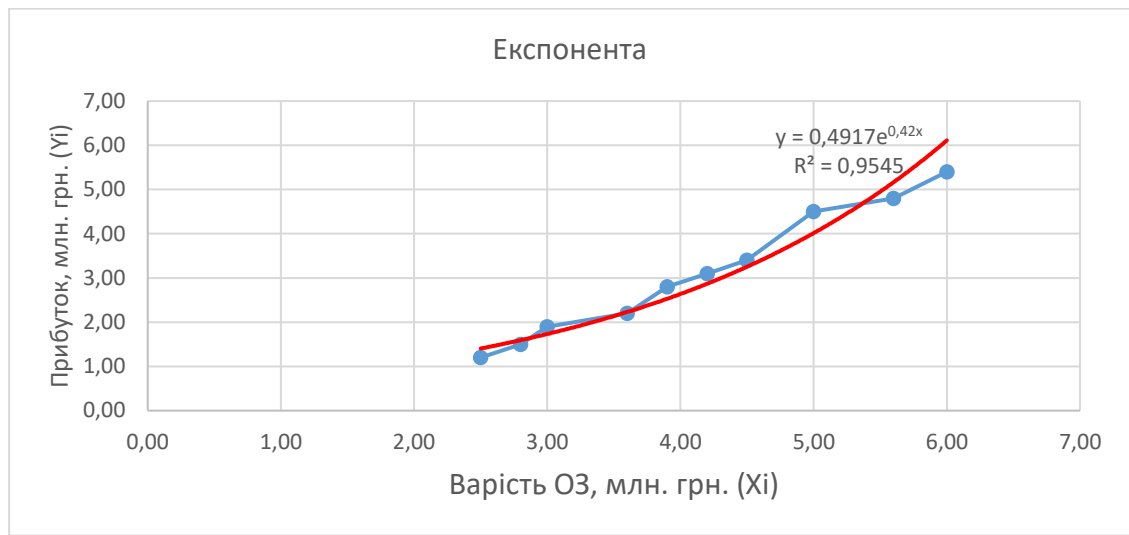


Рис. 19. Експоненціальний тренд

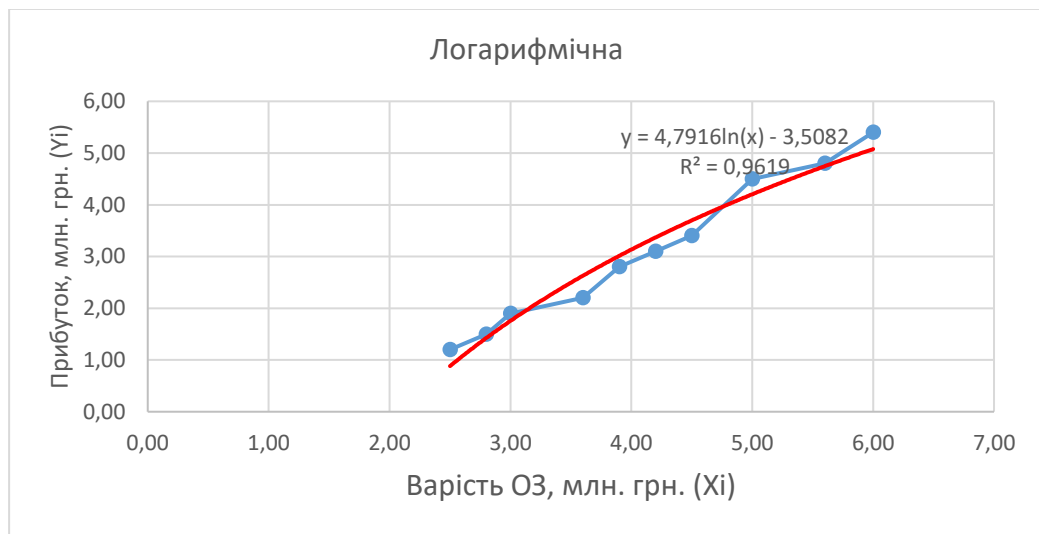


Рис. 20. Логарифмічний тренд

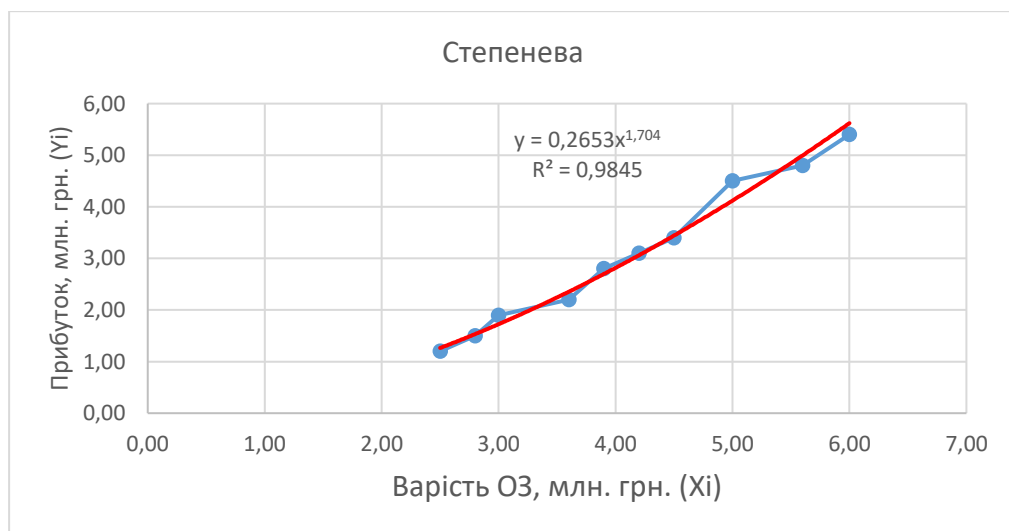


Рис. 21. Степеневий тренд

Всі отримані тренди звести у вигляді таблиці 3.

Основні характеристики трендів

Лінія тренду	Функція	R^2
Лінійна	$y = 1,2115x - 1,8994$	0,9862
Поліноми		
Поліном 2-го ступеня	$y = 0,0378x^2 + 0,8921x - 1,2727$	0,9872
Поліном 3-го ступеня	$y = -0,0608x^3 + 0,8119x^2 - 2,251x + 2,78$	0,989
Поліном 4-го ступеня	$y = -0,04x^4 + 0,6186x^3 - 3,3926x^2 + 8,9688x - 8,0922$	0,9897
Поліном 5-го ступеня	$y = 0,0886x^5 - 1,9102x^4 + 16,055x^3 - 65,606x^2 + 131,28x - 101,9$	0,9926
Поліном 6-го ступеня	$y = 0,1067x^6 - 2,6244x^5 + 26,329x^4 - 137,8x^3 + 396,7x^2 - 594,7x + 363,38$	0,9947
Експоненціальна	$y = 0,4917e^{0,42x}$	0,9614
Логарифмічна	$y = 4,7916\ln(x) - 3,5082$	0,9619
Степенева	$y = 0,2653x^{1,704}$	0,9845

Оскільки всі моделі мають коефіцієнт детермінації R^2 близький до 1, то з точки зору кореляційно-регресійного аналізу кожна з зазначених функцій може бути застосована для вивчення взаємозв'язків та подальших досліджень.