БУДІВЕЛЬНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра „Будівельні, колійні та вантажно-розвантажувальні машини”

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання контрольних та самостійних робіт з дисципліни

"ОСНОВИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ"

Харків - 2010

Методичні вказівки розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри БКВРМ 12 жовтня 2009 р.,

протокол № 2.

Рекомендуються для студентів спеціальності 7.090214 "Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, меліоративні машини та обладнання" всіх форм навчання.

Укладач

доц. Є.В. Коновалов

Рецензент

доц. Є.В. Романович

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання контрольних та самостійних робіт
з дисципліни

"ОСНОВИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ"

Відповідальний за випуск Коновалов Є.В.

Редактор Решетилова В.В.

Підписано до друку 09.11.09 р.
Формат паперу 60х84 1/16 . Папір писальний.
Умовн.-друк.арк. 1,0. Обл.-вид.арк. 1,25.
Замовлення № Тираж 100. Ціна

Видавництво УкрДАЗТу, свідоцтво ДК 2874 від 12.06.2007 р.
Друкарня УкрДАЗТу,
61050, Харків - 50, майд. Фейєрбаха, 7

МІНІСТЕРСТВО ТРАНСПОРТУ ТА ЗВ'ЯЗКУ УКРАЇНИ

УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

БУДІВЕЛЬНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра "Будівельні, колійні та
вантажно-розвантажувальні машини"

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання контрольних та самостійних робіт
з дисципліни "Основи наукових досліджень"

Харків 2010

Методичні вказівки розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри БКВРМ 12 жовтня 2009 р., протокол № 2.

Рекомендуються для студентів спеціальності 7.090214 "Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, меліоративні машини та обладнання" всіх форм навчання.

Укладач

доц. Є.В.Коновалов

Рецензент

доц. Є.В.Романович

ВСТУП

Експериментальні дослідження певних явищ або процесів є необхідною складовою будь-якої наукової роботи. Підготовка до експериментів та сам експеримент потребують значних витрат часу, а також матеріальних та розумових витрат. Це вимагає ретельного та вибагливого ставлення дослідників до вибору методики, засобів реєстрації та застосування методів обробки результатів експерименту. Як правило, первинним практичним результатом експерименту є табличні дані взаємозалежності кількох параметрів процесу.

Для наочної характеристики закономірностей, вивчення фізичної сутності, виявлення загального характеру функціональної залежності параметрів процесу первинні дані мають бути перетвореними у формалізований, аналітичний вигляд за допомогою методів апроксимації.

Саме для ознайомлення з найбільш загальними методами апроксимації в даній роботі студентам пропонується за вказаним варіантом провести пошук емпіричної залежності між параметрами певного фізичного процесу, які задані у табличній формі.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Важливою складовою частиною наукових досліджень є експеримент. Експериментальні дослідження надають можливість отримання нових наукових знань.

Будь-який *експеримент* являє собою науково поставлений дослід, він дозволяє дослідникові активно впливати на процеси або явища, які є предметом вивчення.

З метою економії матеріальних та розумових витрат, скорочення термінів проведення експериментів, найдосконалішого вивчення відповідного явища або процесу дослідник має розробити методологію майбутнього експерименту. Важливим розділом методології експерименту є вибір методу обробки та аналізу експериментальних даних. Обробка даних полягає у аналізі, систематизації, класифікації отриманої під час експерименту інформації.

Первинним здобутком експерименту зазвичай є цифрові величини у формі певної залежності функції від одного або кількох аргументів. Для наочного зіставлення отриманих результатів вони мають бути поданими у більш зручних формах запису: таблиці, графіки, формули та ін.

У процесі перетворення (обробки) первинних даних експерименту важливу роль відіграють математичні методи обробки та аналізу результатів, які надають можливість встановити емпіричні залежності, апроксимувати зв'язки між окремими характеристиками явищ або процесів, які піддаються вивченню.

Під час обробки результатів вимірів та спостережень дослідники широко застосовують *методи графічного зображення* параметрів процесів, які на відміну від результатів, наданих у формі таблиць, дають можливість більш наочно вивчати характеристики предмету дослідження.

Найчастіше для графічного зображення результатів експерименту застосовують систему прямокутних координат з відповідними системами: декартових, напівлогарифмічних, логарифмічних або ймовірнісних координат. Для цього у системі прямокутних координат відмічають значення

x_1y_1, x_2y_2,...., x_ny_n у вигляді точок. Точки на графіку з'єднують між собою плавною лінією таким чином, аби вона якнайближче проходила повз відмічені точки.

Крім графічного зображення, результати експериментальних вимірів можна надати у аналітичному вигляді, тобто у вигляді певних алгебраїчних формул. Але аналітичні формули, аби бути адекватними до результатів експерименту, зазвичай мають громіздкий вигляд, що ускладнює можливість їх подальшого застосування. Тому *аналітичні формули* намагаються замінити спрощеними, так званими *емпіричними* (empirio (лат.) - дослід) формулами. На відміну від останніх емпіричні формули, поступаючись аналітичним формулам у точності, мають суттєві переваги перед ними у можливості їх швидкого та простого застосування у вивченні тих процесів, які є предметом дослідження.

Процедура заміни аналітичних формул певними спрощеними, наближеними (емпіричними) називається *апроксимацією*, а отримані формули - *апроксимуючими*.

2 МЕТОДИ ПІДБОРУ ЕМПІРИЧНИХ ФОРМУЛ

Процедура підбору емпіричних формул складається з двох етапів. На *першому етапі* відповідно до даних експерименту вибудовують графік вигляду

$$y = f(x) \tag{1}$$

та орієнтовно підбирають для нього вигляд тієї аналітичної формули, яка б найкраще відповідала б такому графіку.

На другому етапі розраховують параметри винайденої на першому етапі аналітичної формули. Підбір емпіричних формул слід починати з найпростіших залежностей. Так, результати багатьох експериментальних вимірів можна подати у вигляді найпростіших (лінійних) рівнянь типу

$$y = a + bx, \qquad (2)$$

де a, b - постійні коефіцієнти.

Рівняннями такого вигляду, наприклад, характеризуються залежності між силою натиснення та гальмовим моментом на барабані колеса, між вмістом цементу та міцністю бетону, між вологістю сипкого вантажу у піввагоні та міцністю об‘єму вантажу після змерзання.

Процес надання кривій, яка побудована за експериментальними точками, вигляду лінійної функції називається *лінеаризацією, або вирівнюванням.*

2.1 Метод крайніх точок

Для визначення емпіричних формул для процесів, які мають ознаки, або є перетвореними у такі, що мають ознаки лінійних функцій, широко застосовують *метод крайніх точок.* За цим методом у формулу (2) підставляють координати двох крайніх точок графіка експерименту. В результаті отримують та розв’язують систему двох рівнянь з двома невідомими: a та b.

Приклад 1 Після досліджень впливу запиленості «х» навколишнього повітря на інтенсивність зношування «у» гільз циліндрів двигунів внутрішнього згоряння були отримані результати, що подані у таблиці 1. Підібрати емпіричну формулу, яка відповідала б результатам експерименту.

Таблиця 1- Експериментальна залежність $y = f(x)$

x	1	2	3	4	5	6	7	8
y	6,1	10,3	13,9	17,8	22,3	26,8	30,4	35,0

Спочатку побудуємо графік отриманої залежності, з чого робимо висновок, що він має вигляд, наближений до лінійного (2). Далі координати крайніх точок (1,0;6,1) та (8,0;35,0) підставляємо у (2) та отримуємо систему рівнянь

$$\begin{cases} a + 1 \cdot b = 6{,}1 \\ a + 8 \cdot b = 35{,}0 \end{cases}, \tag{3}$$

звідки після розв'язання визначаємо: $a = 1{,}97; \mathrm{b} = 4{,}13$.

Отже, емпірична формула залежності $y = f(x)$ для даних з таблиці 1 набуває вигляду

$$y = 1{,}97 + 4{,}13x. \tag{4}$$

Якщо у формулу (4) підставити величини «x_i» з таблиці 1, то можна отримати емпіричну залежність $y_{емп} = f(x)$. З таблиці 2 видно, що поточні величини «$y_{емп}$», які розраховані за емпіричною формулою, відносно точно збігаються з відповідними експериментальними величинами «y».

Таблиця 2 - Порівняльна таблиця між експериментальними «y» та емпіричними «$y_{емп}$» величинами функції $y = f(x)$

x	1	2	3	4	5	6	7	8
y	6,1	10,3	13,9	17,8	22,3	26,8	30,4	35,0
$y_{емп}$	6,1	10,23	14,36	18,49	22,62	26,75	30,88	35,0

Точність підбору емпіричної формули можна підвищити, застосувавши інший метод розрахунку - *метод парних точок.* Відповідно до цього методу згрупуємо координати восьми точок вимірів з таблиці 1 у чотири пари: 1-5; 2-6; 3-7; 4-8. Далі за попередньою методикою підставляємо у (2) координати кожної пари точок, розв'язуємо чотири системи рівнянь та визначаємо для кожної пари коефіцієнти a_i та b_i:

- для пари 1-5: $a_1 = 1{,}60; \mathrm{b}_1 = 4{,}50$;
- для пари 2-6: $a_2 = 2{,}04; \mathrm{b}_2 = 4{,}13$;
- для пари 3-7: $a_3 = 1{,}51; \mathrm{b}_3 = 4{,}13$;
- для пари 4-8: $a_4 = 0{,}60; \mathrm{b}_4 = 4{,}30$.

Середні величини коефіцієнтів: $a = 1{,}44; b = 4{,}27$.

Тоді емпірична формула, отримана методом парних точок, має вигляд

$$y = 1{,}44 + 4{,}27x. \tag{5}$$

2.2 Метод вирівнювання (логарифмування)

У випадку, коли графік експериментальної функції має нелінійний вигляд, для спрощення процедури апроксимації функцію штучно піддають лінеаризації, тобто застосовують *метод вирівнювання.*

Процедура апроксимації у цьому випадку має такі особливості. Після побудови графіка, пересвідчившись у нелінійному характері функції, в залежності від форми графічної кривої застосовується певна наближена функція, яка б відповідала графічній кривій. Наприклад, у разі, коли крива є подібною до тієї, що подана на рисунку 1,а, для апроксимації слід обрати формулу

$$y = ax^b. \tag{6}$$

При значному різноманітті форм будь-яких можливих експериментальних кривих для кожної з них можна підібрати відповідну формулу. Форми найбільш розповсюджених залежностей кривих та відповідні формули для їх апроксимації представлені на рисунку 1.

Приклад 2 Дослідження залежності величини зношування «у» поверхні гільзи від навантаження «х» у двигуні внутрішнього згоряння дали результати, які подані у таблиці 3. Підібрати емпіричну формулу такої залежності.

Таблиця 3 - Залежність величини зношування «у» поверхні гільзи від навантаження «x» у двигуні внутрішнього згоряння

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
x	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3,0
y	0,03	0,28	0,47	0,79	1,23	1,73	2,26	2,82	3,55	4,45
$X=\lg x$	-0,523	-0,222	-0,046	0,080	0,176	0,255	0,322	0,380	0,431	0,477
$Y=\lg(\frac{y}{c})$	-0,74	+0,23	0,45	0,68	0,87	1,02	1,14	1,23	1,33	1,43
$y_{емп}$	0,19	0,29	0,47	0,75	1,11	1,57	2,14	2,80	3,57	4,44

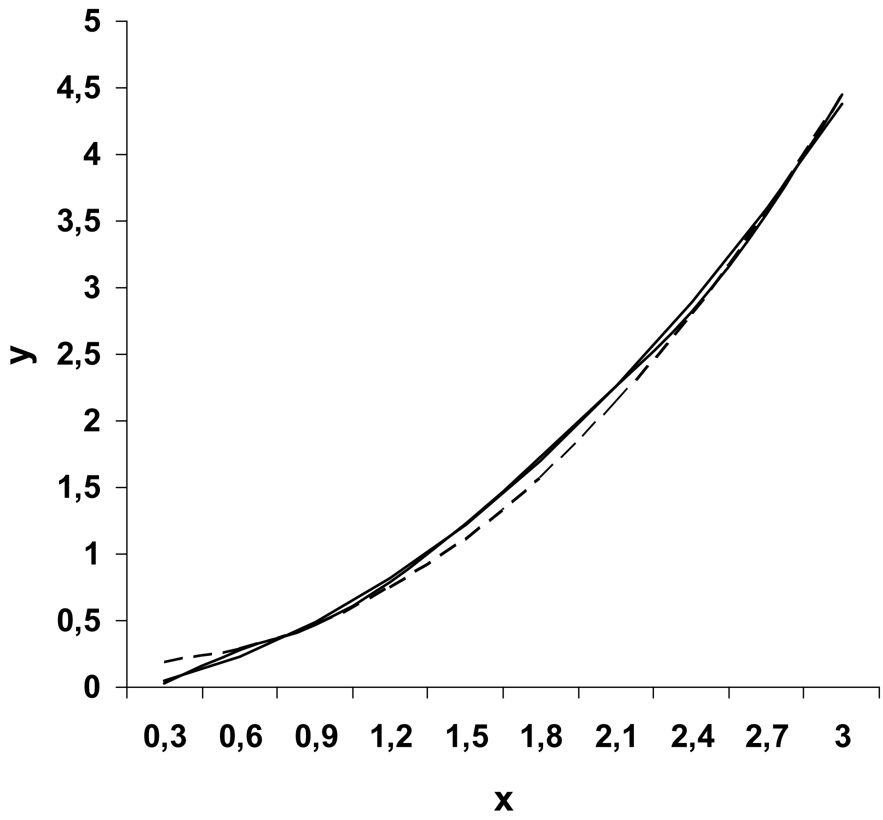
Порядок розв’язання

1 В системі прямокутних координат будуємо графік залежності $y=f(x)$ з таблиці 3 (рисунок 2).

2 Пересвідчившись з рисунка 2 у нелінійному характері функції, задля подальшої апроксимації піддаємо її штучному вирівнюванню. Для цього з стандартних графіків з рисунка 1 обираємо той, який є більш наближеним до експериментального графіка з рисунка 2. Найближчим до експериментального є графік з рисунк 1,в, якому відповідає формула вигляду

$$y=ax^{b}+c\ , \qquad (7)$$

де $y=ax^{b}$ - постійні коефіцієнти функції.



безперервна крива – за даними експерименту;
пунктирна крива – за емпіричною залежністю

Рисунок 2 – Графік залежності величини зношування «y» поверхні гільзи від навантаження «x» у двигуні внутрішнього згоряння

3 Далі переходимо до процедури лінеаризації (вирівнювання) графіка. Для цього логарифмуємо його орієнтовну функцію (7) та отримуємо

$$\lg y = \lg a + b \cdot \lg x + \lg c \qquad (8)$$

Після перестановок та згрупування

$$\lg(\frac{y}{c}) = \lg a + b \cdot \lg x\,. \qquad (9)$$

Якщо провести заміну $Y = \lg(\frac{y}{c})$, $A = \lg a$ та $X = \lg x$, то (9) буде виглядати як

$$Y = A + bX. \qquad (10)$$

Таким чином, в результаті лінеаризації формула (7) набула лінійного вигляду.

4 Приступаємо до побудови графіка залежності (10) в системі логарифмічних координат за таблицею 3, маючи на увазі, що $X = \lg x$, $Y = \lg(\frac{y}{c})$.

Для визначення величини коефіцієнта «с» з графіка на рисунку 2 обираємо три будь-які точки з координатами відповідно $(x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3)$, причому перші дві точки мають бути достатньо віддаленими одна від одної. Наприклад, координати перших двох точок відповідно є (0,6;0,28) та (2,7;3,55). Для обрання третьої точки треба провести розрахунок її приблизної абсциси за формулою

$$x_3' = \sqrt{x_1 \cdot x_2}. \qquad (11)$$

$$x_3' = \sqrt{0,6 \cdot 2,7} = 1,27.$$

Визначеній абсцисі з графіка на рисунку 2 найближчою є точка з координатами $(x_3 = 1,2, y_3 = 0,79)$.

Величина коефіцієнта «с» визначається за формулою

$$c = \frac{y_1 \cdot y_2 - y_3^2}{y_1 + y_2 - 2y_3}, \qquad (12)$$

де y_1, y_2, y_3 - ординати вище вибраних нами точок.

$$c = \frac{0,28 \cdot 3,55 - 0,79^2}{0,28 + 3,55 - 2 \cdot 0,79} = 0,16.$$

5 Приступаємо до вибору емпіричної формули відповідно до результатів, які подані у таблиці 3. Для цього скористаємося згаданим вище методом крайніх точок.

Крайніми точками в системі логарифмічних координат є точки $(X_1 = -0{,}523, Y_1 = -0{,}74)$ та $(X_{10} = 0{,}477, Y_{10} = 1{,}43)$.

Складаємо систему

$$\begin{cases} A - 0{,}523 \cdot b = -0{,}74 \\ A + 0{,}477 \cdot b = 1{,}43 \end{cases}, \qquad (13)$$

звідки після її розв'язання визначаємо: $b = 2{,}17$; $A = 0{,}40$.

6 Таким чином, емпірична формула, яка відповідає наведеній у таблиці 3 залежності, має вигляд

$$y = 0{,}40x^{2{,}17} + 0{,}16. \qquad (14)$$

Емпірична формула (14) достатньо точно відповідає наведеній у таблиці 3 залежності $y = f(x)$. У цьому можна пересвідчитися, розрахувавши у таблиці 3 залежність $y_{емп} = f(x)$ та побудувавши на рисунку 2 відповідний графік.

Аналогічною за порядком є процедура пошуку емпіричних формул для будь-яких інших експериментальних функцій та їх графіків. Формули, які застосовуються для пошуку емпіричних формул в залежності від форми графіка (рисунок 1) експериментальної кривої, подані у таблиці 4.

2.3 Метод поліномів

Для підбору емпіричних формул до будь-яких безперервних функцій, крім описаних вище методів, широко застосовують також метод поліномів. За цим методом апроксимації емпірична формула певної функції подається у вигляді полінома

$$y = A_0 + A_1 x + A_2 x^2 + A_3 x^3 + \ldots.. + A_n x^n \tag{15}$$

де $A_0, A_1, \ldots.., A_n$ - постійні коефіцієнти полінома.

Відповідно до цього методу результати експерименту подають як систему поліномів вигляду

$$\begin{cases} A_0 + A_1 x_1 + A_2 x_1^2 + A_3 x_1^3 \\ A_0 + A_1 x_2 + A_2 x_2^2 + A_3 x_2^3 \\ A_0 + A_1 x_3 + A_2 x_3^2 + A_3 x_3^3 \\ \ldots \\ A_0 + A_1 x_m + A_2 x_m^2 + A_3 x_m^3 \end{cases} , \tag{16}$$

де $A_0, A_1, \ldots.., A_n$ - постійні коефіцієнти полінома;

$x_1, x_2, \ldots., x_m$ - величини аргументу;

$Y_1, Y_2, \ldots., Y_m$ - величини функції аргументу;

$\varepsilon_1, \varepsilon_2 \ldots., \varepsilon_m$ - величина похибки у розрахунках.

Якщо величини похибок $\varepsilon_1, \varepsilon_2 \ldots., \varepsilon_m$ дорівняти нулю, то (15) набуде вигляду системи початкових рівнянь

$$\begin{cases} Y_1 = A_0 + A_1 x_1 + A_2 x_1^2 + \\ Y_2 = A_0 + A_1 x_2 + A_2 x_2^2 + \\ Y_3 = A_0 + A_1 x_3 + A_2 x_3^2 + \\ \ldots \\ Y_m = A_0 + A_1 x_m + A_2 x_m^2 \end{cases} . \tag{17}$$

Порядок розрахунку коефіцієнтів полінома наступний. Спочатку визначають кількість членів ряду. Зазвичай їх обирають не більше 3 - 4. У визначену систему (17) послідовно підставляють координати «х» та «у» всіх точок експерименту.

Далі послідовно розбивають систему зверху донизу на групи, кількість яких має дорівнювати кількості коефіцієнтів A. У кожній групі утворюють рівняння і укладають нову систему, кількість рівнянь у якій буде дорівнювати кількості груп. Розв'язуючи систему рівнянь, визначають коефіцієнти A.

Приклад 3 Підібрати методом поліномів емпіричну формулу до залежності $y = f(x)$, яка подана у таблиці 3.

Порядок розв'язання

1 Обмежимося визначенням трьох коефіцієнтів з полінома (15), тобто A_0, A_1, A_2.. За цієї умови поліном набуває вигляду

$$y = A_0 + A_1 x + A_2 x^2 \tag{18}$$

Для визначення вказаних коефіцієнтів з десяти точок у таблиці 3 утворюємо будь-які три групи. Наприклад, у першу групу увійдуть точки 1-2-3, у другу 4-5-6 і у третю 7-8-9-10.

2 Далі проводимо підстановку координат точок у (18) та утворюємо три групи рівнянь. Так, для першої групи точок рівняння (18) має вигляд

$$\begin{cases} A_0 + 0{,}3A_1 + 0{,}09A_2 = 0{,}03 \\ A_0 + 0{,}6A_1 + 0{,}36A_2 = 0{,}28 \\ A_0 + 0{,}9A_1 + 0{,}81A_2 = 0{,}47 \end{cases} \tag{19}$$

Для другої та третьої групи відповідно

$$\begin{cases} A_0 + 1{,}2A_1 + 1{,}44A_2 = 0{,}79 \\ A_0 + 1{,}5A_1 + 2{,}25A_2 = 1{,}23 \\ A_0 + 1{,}8A_1 + 3{,}24A_2 = 1{,}73 \end{cases} \tag{20}$$

$$\begin{cases} A_0 + 2{,}1A_1 + 4{,}41A_2 = 2{,}26 \\ A_0 + 2{,}4A_1 + 5{,}76A_2 = 2{,}89 \\ A_0 + 2{,}7A_1 + 7{,}29A_2 = 3{,}55 \\ A_0 + 3A_1 + 9A_2 = 4{,}45 \end{cases} \tag{21}$$

3 Визначимо суму коефіцієнтів у кожній з груп

$$\begin{aligned} &A_0 + 0{,}3A_1 + 0{,}09A_2 = 0{,}03 \\ &A_0 + 0{,}6A_1 + 0{,}36A_2 = 0{,}28 \\ &A_0 + 0{,}9A_1 + 0{,}81A_2 = 0{,}47 \\ \hline &3A_0 + 1{,}8A_1 + 1{,}26A_2 = 0{,}78 \end{aligned} \qquad (22)$$

$$\begin{aligned} &A_0 + 1{,}2A_1 + 1{,}44A_2 = 0{,}79 \\ &A_0 + 1{,}5A_1 + 2{,}25A_2 = 1{,}23 \\ &A_0 + 1{,}8A_1 + 3{,}24A_2 = 1{,}73 \\ \hline &3A_0 + 4{,}5A_1 + 6{,}93A_2 = 3{,}75 \end{aligned} \qquad (23)$$

$$\begin{aligned} &A_0 + 2{,}1A_1 + 4{,}41A_2 = 2{,}26 \\ &A_0 + 2{,}4A_1 + 5{,}76A_2 = 2{,}89 \\ &A_0 + 2{,}7A_1 + 7{,}29A_2 = 3{,}55 \\ &A_0 + 3{,}0A_1 + 9A_2 = 4{,}45 \\ \hline &4A_0 + 10{,}2A_1 + 26{,}46A_2 = 13{,}08 \end{aligned} \qquad (24)$$

4 Сума коефіцієнтів з кожної групи дає можливість утворити три рівняння з трьома невідомими коефіцієнтами A_0, A_1, A_2

$$\begin{cases} 3A_0 + 1{,}8A_1 + 1{,}26A_2 = 0{,}78 \\ 3A_0 + 4{,}5A_1 + 6{,}93A_2 = 3{,}75 \\ 4A_0 + 10{,}2A_1 + 26{,}46A_2 = 13{,}08 \end{cases}$$

. (25)

Після розв'язання (25) маємо $A_0 = -0{,}050,\ \ A_1 = 0{,}224,\ \ A_2 = 0{,}417$.

5 Підставляємо знайдені величини коефіцієнтів у (18). Таким чином, емпірична формула, отримана за допомогою методу поліномів, має вигляд

$$y = 0{,}224x + 0{,}417x^2 - 0{,}050. \qquad (26)$$

Розрахунки $y_{емп} = f(x)$ за емпіричною формулою (26) подані у таблиці 5. Аналіз вказаної таблиці показує, що емпірична формула, винайдена за допомогою методу поліномів, так само, як і методом лінеаризації, є достатньо адекватною до результатів експерименту.

Таблиця 5 – Порівняльна таблиця між експериментальними «у» та емпіричними «$y_{емп}$» величинами функції $y = f(x)$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
x	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3,0
y	0,03	0,28	0,47	0,79	1,23	1,73	2,26	2,82	3,55	4,45
$y_{емп}$	0,05	0,23	0,49	0,82	1,22	1,70	2,26	2,89	3,59	4,38

6 Треба прийняти до уваги те, що чим більшою є кількість винайдених коефіцієнтів полінома, тим точніше емпірична формула відповідає експериментальним результатам. Тобто, у разі потреби у більш точному визначенні емпіричної формули слід збільшити кількість коефіцієнтів полінома. Наприклад, замість трьох (A_0, A_1, A_2) ведуть розрахунки чотирьох (A_0, A_1, A_2 та A_3), або ще більшої кількості коефіцієнтів полінома.

Але ступінь впливу на точність кінцевого результату кожного з додатково розрахованих коефіцієнтів полінома у порівнянні з впливом попередніх коефіцієнтів суттєво зменшується. Крім того, при зростанні кількості визначених коефіцієнтів на кожну одиницю прогресивно зростає обсяг відповідних обчислень. Тому для практичних розрахунків зазвичай обмежуються визначенням трьох-чотирьох коефіцієнтів полінома.

3 ВАРІАНТИ ЗАВДАНЬ З КОНТРОЛЬНИХ РОБІТ

Група 1: застосувати формулу $y = ax^b$

	Варіант	x,y	Координати точок									
		x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	1	y	17	32	40	48	55	63	69	72	75	78
		x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	2	y	10	18	25	31	35	40	42	46	50	51
		x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	3	y	25	43	59	72	80	89	96	103	108	112
		x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	4	y	31	52	70	81	92	99	108	112	117	119
		x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	5	y	6	10	14	15	16	18	20	20	21	22
		x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

	6	y	7	14	20	25	29	32	36	38	40	41
		x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	7	y	11	22	31	38	45	51	56	60	62	63
		x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	8	y	17	32	42	54	64	72	78	84	88	90

Група 2: застосувати формулу $y = ae^{bx}$

	Варіант	x,y	Координати точок									
		x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	1	y	1,1	1,4	1,7	2,1	2,5	2,8	3,2	3,7	4,3	5,2
		x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	2	y	6,2	5,1	4,9	4,7	4,3	4,0	3,8	3,7	3,6	3,5
		x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	3	y	5,0	4,2	3,8	3,5	3,1	2,8	2,6	2,5	2,4	2,3
		x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	4	y	9,2	8,1	7,9	7,7	7,3	7,0	6,8	6,7	6,6	6,5
		x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	5	y	4,0	3,1	2,3	1,6	1,1	0,7	0,4	0,3	0,2	0,1
		x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	6	y	4,7	3,9	3,5	3,2	2,8	2,5	2,3	2,2	2,1	2,0
		x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	7	y	40	32	28	25	21	18	16	15	14	12
		x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	8	y	11	14	1,7	21	25	28	32	37	43	52

Група 3: застосувати формулу $y = ax^b + c$

	Варіант	x,y	Координати точок									
		x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	1	y	4,0	3,1	2,3	1,6	1,1	0,7	0,4	0,3	0,2	0,1
		x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	2	y	6,5	5,6	4,8	4,1	3,6	3,2	2,9	2,8	2,7	2,6
		x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	3	y	5,4	4,5	3,7	3,0	2,5	2,1	1,8	1,7	1,6	1,5
		x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	4	y	6,2	5,1	4,9	4,7	4,3	4,0	3,8	3,7	3,6	3,5
		x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	5	y	1,1	1,4	1,7	2,1	2,5	2,8	3,2	3,7	4,3	5,2

	6	x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		y	59	51	47	44	40	37	35	34	32	31
	7	x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		y	3,7	2,9	2,5	2,2	1,8	1,5	1,3	1,2	1,1	1,0
	8	x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		y	4,8	4,0	3,6	3,3	2,9	2,6	2,4	2,3	2,2	2,0

Група 4: застосувати формулу $y = ae^{bx} + c$

	Варіант	x,y	Координати точок									
	1	x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		y	8,1	7,8	7,3	6,7	6,0	5,2	4,3	3,2	2,1	0,7
	2	x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		y	92	90	88	86	82	78	73	67	60	51
	3	x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		y	4,5	4,3	4,2	4,0	3,8	3,4	3,1	2,7	2,2	1,6
	4	x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		y	86	83	78	72	65	57	48	37	26	12
	5	x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		y	9,7	9,5	9,3	9,1	8,7	8,3	7,8	7,3	6,5	5,6
	6	x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		y	50	48	47	45	43	39	36	32	27	21
	7	x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		y	71	68	63	57	50	42	33	22	11	1
	8	x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		y	9,4	9,2	9,0	8,8	8,4	8,0	7,5	6,9	6,2	5,3

Група 5: застосувати формулу $y = a + \frac{b}{x}$

	Варіант	x,y	Координати точок									
	1	x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		y	5,8	4,5	3,4	2,6	1,8	1,3	0,9	0,5	0.2	0,1
	2	x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		y	69	35	21	14	9	7	6	5	4,5	4
	3	x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		y	100	55	36	24	18	12	10	8	7	6
	4	x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		y	95	84	74	66	59	53	47	43	41	40
	5	x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		y	105	72	55	40	28	17	9	4	2	1
		x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

	6	y	4,0	3,0	2,2	1,7	1,1	0,8	0,4	0,2	0,1	0,1
	7	x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		y	110	79	60	45	32	21	12	7	2	0,3
	8	x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		y	42	32	24	19	13	10	6	4	3	3

Група 6: застосувати формулу $y = \frac{1}{a + bx}$

	Варіант	x,y	Координати точок									
	1	x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		y	4,0	3,0	2,2	1,7	1,1	0,8	0,4	0,2	0,1	0,1
	2	x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		y	105	72	55	40	28	17	9	4	2	1
	3	x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		y	95	84	74	66	59	53	47	43	41	40
	4	x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		y	69	35	21	14	9	7	6	5	4,5	4
	5	x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		y	100	55	36	24	18	12	10	8	7	6
	6	x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		y	5,8	4,5	3,4	2,6	1,8	1,3	0,9	0,5	0,2	0,1
	7	x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		y	42	32	24	19	13	10	6	4	3	3
	8	x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		y	110	79	60	45	32	21	12	7	2	0,3

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Основы научных исследований: Учеб. для техн. вузов / В.И. Крутов, И.М. Грушко, В.В. Попов и др. – М.: Высш. шк., 1989. – 400 с.

2 Грушко И.М., Сиденко В.М. Основы научных исследований. – Харьков: Вища школа. Изд-во при Харьк. ун-те, 1983. – 224 с.

3 Альтшулер Г.С. Творчество как точная наука. – М.: Сов. радио, 1979. – 175 с.

4 Киевский В.Г. Экономическая эффективность научно-исследовательских работ в строительстве. - М.: Стройиздат, 1981. – 145 с.

5 Блехман И.И., Мышкинс А.Д., Пановко Я.Г. Прикладная математика: предмет, логика, особенность подхода. – К.: Наук. думка, 1976. – 270 с.

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання контрольних та самостійних робіт
з дисципліни "Основи наукових досліджень"

Відповідальний за випуск доцент Коновалов Є.В.

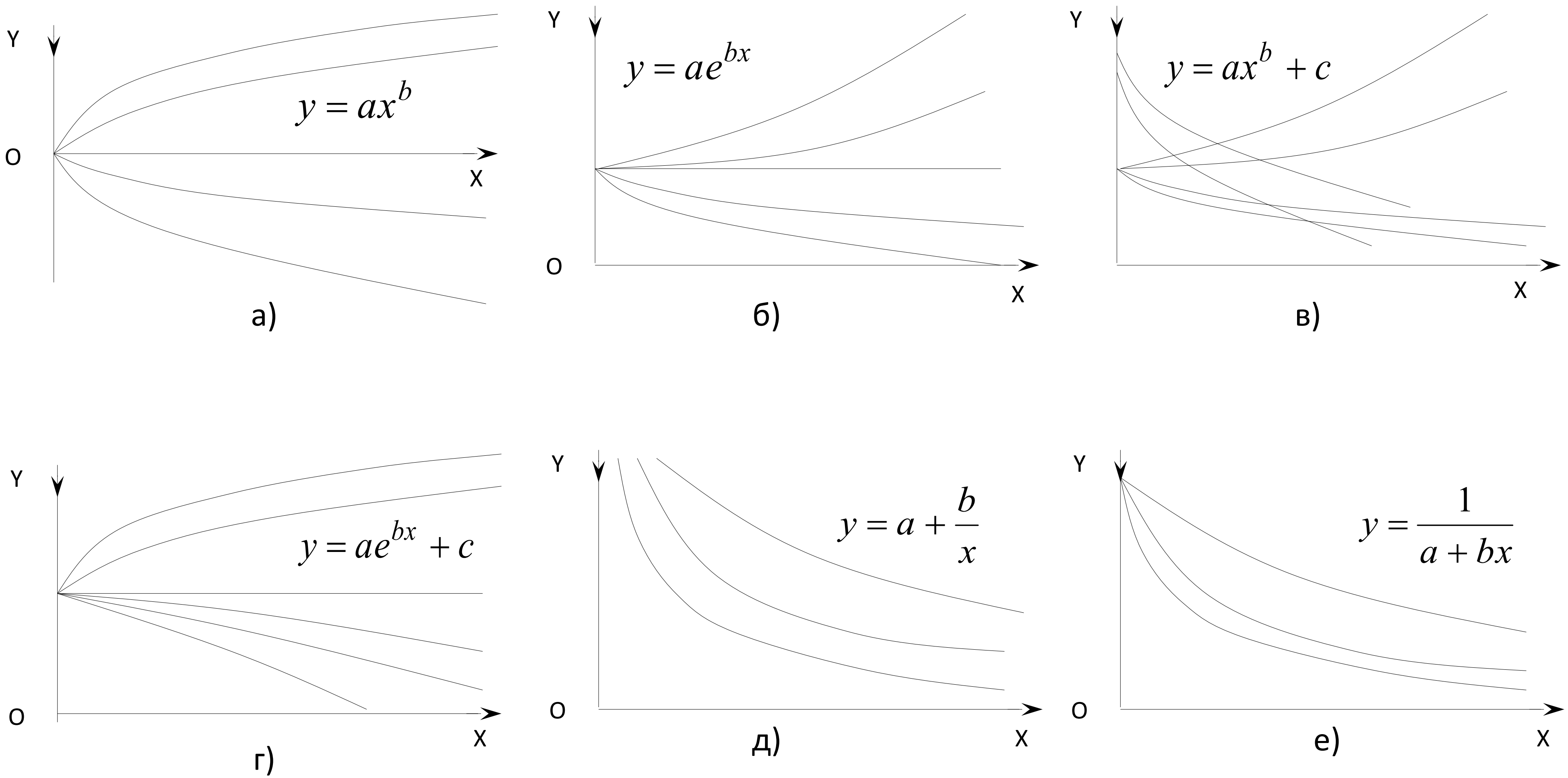


Рисунок 1 – Основні види графіків емпіричних формул

Таблиця 4 - Формули, які застосовуються для пошуку емпіричних формул в залежності від форми графіка (рисунок 1) експериментальної кривої

Вид графіка	1а)	1б)	1в)	1г)	1д)	1е)
Формула для логариф-мування	$y = ax^b$	$y=ae^{bx}$; $e=2,7183$	$y=ax^b+c$	$y=ae^{bx}+c$	$y=a+\frac{b}{x}$	$y=\frac{1}{a+bx}$
Вигляд після логариф-мування	$\lg y=\lg a+$ $+b\lg x$	$\lg y=\lg a+$ $+b\lg e\cdot x$	$\lg y=\lg a+$ $+b\lg x+\lg c$	$\lg y=\lg a+$ $+b\lg e\cdot x+$ $+\lg c$	Логарифм. не застосову-ється	Логарифм. не застосову-ється
Застосовані заміни	$X=\lg x$ $Y=\lg y$	$Y=\lg y$	$X=\lg x$ $Y=\lg\frac{y}{c}$ $A=\lg a$	$Y=\lg y-\lg c$ $=\lg(\frac{y}{c})$	$x=\frac{1}{z}$	$y=\frac{1}{z}$
Вигляд після лінеаризації	$Y=\lg a+$ $+bX$	$Y=\lg a+$ $+bx\lg e$	$Y=A+bX$	$Y=\lg a+$ $+b\lg e\cdot x$	$y=a+bz$	$z=a+bz$
Величини c, x_3, y_3	-	-	$c=\frac{y_1\cdot y_2-y_3^2}{y_1+y_2-2y_3}$; $x_3=\sqrt{x_1\cdot x_2}$; y_3	$c=\frac{y_1\cdot y_2-y_3^2}{y_1+y_2-2y_3}$; $x_3=0,5(x_1+x_2)$; y_3	-	-