

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет «Запорізька політехніка»

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**до лабораторних робіт з дисципліни**  
**«Основи наукових досліджень та організація експерименту»**  
для студентів спеціальності 132 Матеріалознавство за освітньо-  
професійною програмою (спеціалізацією)  
**«Композиційні та порошкові матеріали, покриття»**  
денної форми навчання

Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Основи наукових досліджень та організація експерименту» для студентів спеціальності 132 Матеріалознавство за освітньо-професійною програмою (спеціалізацією) «Композиційні та порошкові матеріали, покриття» денної форми навчання / Укл. І.В. Акімов – Запоріжжя: НУЗП, 2019. - 30 с.

Укладач:

І.В. Акімов, доцент, к.т.н.

Рецензент:

О.А. Мітяєв, професор, д.т.н.

Відповідальний за  
випуск:

І.В. Акімов, доцент, к.т.н.

Рекомендовано до видання  
НМК ФБАД, протокол №3  
від 05 лютого 2019 р.

Затверджено на засіданні ка-  
федри КМХТ, протокол № 5  
від 26 грудня 2018 р.

**ЗМІСТ**

<b>Загальні методичні відомості</b> .....	4
<b>Лабораторна робота №1.</b> Методи вимірювання температури та визначення інструментальних похибок.....	5
<b>Лабораторна робота №2.</b> Підбір емпіричних формул з застосуванням методу найменших квадратів.....	10
<b>Лабораторна робота №3.</b> Кореляційний аналіз.....	15
<b>Лабораторна робота №4.</b> Оформлення результатів наукової роботи.....	22
<b>Література</b> .....	28

## ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВІДОМОСТІ

Лабораторні роботи з дисципліни «Основи наукових досліджень та організація експерименту» призначені для закріплення знань студентами спеціальності 6.05040303 Композиційні та порошкові матеріали, покриття, що отримані під час лекційного курсу. Виконання лабораторних робіт сприяють засвоєнню лекційного матеріалу і служать сполучною ланкою між теоретичною підготовкою майбутнього фахівця та його практичною діяльністю. Головна мета лабораторних робіт – навчити студентів застосовувати сучасні методи обробки експериментальних даних, методики проведення лабораторних та промислових експериментів, методи моделювання технічних об'єктів. Вони повинні набути досвіду у збиранні та аналізі корисної інформації, розробленні програм експериментів та їх здійснення, поданні результатів виконаної наукової роботи з урахуванням проаналізованих опублікованих матеріалів у відповідному оформленні згідно з встановленими вимогами.

## Лабораторна робота № 1

# МЕТОДИ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ ПОХИБОК

### 1.1 Мета роботи

Ознайомитися з методикою визначення основних та додаткових похибок при вимірюванні фізичних величин на прикладі вимірювання температури. Дослідити можливості контрольно-вимірювальних приладів, що використовуються для одержання даних при проведенні науково-технічних робіт та опанувати методи визначення їх інструментальних похибок .

### 1.2 Загальні відомості

Відомо, що фізичні закони встановлюють і перевіряють шляхом накопичення та порівняння експериментальних даних. Однак результати, одержані в ході будь-якого фізичного експерименту, завжди містять певні похибки, оскільки вимірювання практично неможливо провести з абсолютною точністю. Можливі похибки відіграють істотну роль у разі порівняння результатів експерименту з теоретичними формулами, тому необхідно навчитись обробляти результати вимірювань.

У ході вимірювання будь-якої фізичної величини зазвичай виконують три послідовні операції: 1) вибір, перевірка та встановлення приладів; 2) зняття показів приладів; 3) обчислення шуканої величини за результатами вимірювань, оцінювання похибки.

При виробництві деталей методами порошкової металургії та з композиційних матеріалів, а також при нанесенні різноманітних покриттів часто є необхідність у технологічному процесі вимірювати ті чи інші температури (наприклад при спіканні, термооброблені, налаштуванні режимів нанесенні покритть тощо). В якості інструменту вимірювання температури на даний час найчастіше використовуються термопари (рис. 1.1), задача яких дистанційна передача сигналу від зони вимірювання температури до реєструючого пристрою. В табл.1.1 наведені матеріали та діапазони вимірювальних температур деяких термопар.

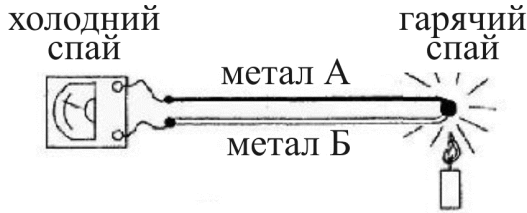


Рисунок – 1.1 Термопара та схема її підключення

Таблиця 1.1 – Матеріали та діапазони вимірювальних температур деяких термопар

Тип термопари	Позначення	Діапазон застосування, °С
Мідь - копель	МК	-200... 100
Хромель - копель	ХК	-200...600
Хромель - алюмель	ХА	-200...1000
Платинородій - платина	ПП	0...1300
Платинородій (30% Rh) - платинородій (6% Rh)	ПР	300...1600
Вольфрамореній (5% Re) - вольфрамореній (20% Re)	ВР	0...2200

При здійсненні вимірювань обов'язково визначають інструментальні похибки – це похибки, зумовлені недосконалістю засобів вимірювальної техніки та залежністю їх властивостей від впливу зовнішніх умов. Серед всіх інших можливих складових інструментальна похибка вимірювання є завжди, оскільки вимірювання без засобів (інструментів) неможливе.

**Основна похибка засобів вимірювальної техніки (ЗВТ)** Досі – це похибка інструменту, який проводив вимірювання в області нормальних значень вимірювальної величини, які встановлюються виробником ЗВТ. Наприклад, нормальною областю значень температури для деякого ЗВТ може бути  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$  (від  $18^\circ\text{C}$  до  $22^\circ\text{C}$ ), а робоча область температур - від  $5^\circ\text{C}$  до  $35^\circ\text{C}$ . Отже, якщо всі регламентовані для певного ЗВТ вимірювальні величини є в області нормальних значень (кажуть, що вимірювання виконують в нормальних умовах), то для ЗВТ оцінюють лише **основну похибку**.

### Основна похибка аналогових приладів

Для аналогових (наприклад, термометри з покажчиком і шкалою) приладів основну похибку можна вирахувати через клас точності  $Kл.м.$ , який відображають одним числом, яке встановлює виражені у відсотках границі основної допустимої зведеної граничної похибки ( $\gamma_{ep}$ ):

$$Kл.м. = |\gamma_{ep}| = \left| \frac{\Delta_{ep}}{X_N} \right| 100\% = \left| \frac{\Delta_{ep}}{X_k} \right| 100\%, \quad (1.1)$$

де  $\Delta_{ep}$  - границі основної абсолютної граничної похибки;  $X_N$  - верхня або кінцева ( $X_k$ ) границя вимірювального діапазону.

Якщо відомий клас точності ( $Kл.м.$ ) та границі вимірювання, виходячи з (1.1), можна визначити границі:

- граничної абсолютної основної похибки:

$$\Delta_{ep} = \frac{\gamma_{ep} \cdot X_k}{100\%} = \pm \frac{Kл.м. \cdot X_k}{100\%}; \quad (1.2)$$

- граничної відносної основної похибки:

$$\delta_{ep} = \frac{\Delta_{ep}}{x_n} 100\% = \pm Kл.м. \frac{X_k}{x_n}, \quad (1.3)$$

де  $x_n$  - показ приладу вимірюваної величини.

Наприклад, встановимо границі **основної абсолютної похибки** для термометра, який розрахований вимірювати температуру до  $500^\circ\text{C}$  ( $X_k$ ) та має клас точності  $-0,5$  ( $Kл.м.$ ). Підставимо наявні значення у формулу розрахунку абсолютної основної похибки (1.2). Маємо:

$$\Delta_{ep} = \pm \frac{0,5\% \cdot 500^\circ}{100\%} = \pm 2,5^\circ$$

Якщо цим термометром ми вимірюємо температуру речовини і маємо значення, наприклад,  $400^\circ\text{C}$  ( $x_n$ ), то можемо визначити граничну відносну основну похибку за формулою (1.3):

$$\delta_{ep} = \frac{\Delta_{ep}}{x_n} 100\% = \frac{\pm 2,5^\circ}{400^\circ} 100\% = \pm 0,625.$$

### Основна похибка цифрових приладів

Для цифрових приладів клас точності переважно відображений двома числами, що записані через косу риску:  $c/d$ , зазвичай ( $c > d$ ). Ці числа відображають виражені у відсотках границі основної зведеної похибки відповідно:  $d$  – на початку (нульовий показ  $x_n = 0$ ), та  $c$  – в кінці границі вимірювання (показ  $x_n = X_k$ ):

$$d = \pm \frac{\Delta_{zp}(x_n = 0)}{X_k} 100\%; \quad c = \pm \frac{\Delta_{zp}(x_n = X_k)}{X_k} 100\%. \quad (1.4)$$

Отже, границі похибок відповідно до (1.4) будуть визначатися:

- граничної абсолютної основної похибки:

$$\Delta_{zp} = \pm \frac{d \cdot X_k + (c - d) \cdot x_n}{100\%}; \quad (1.5)$$

- граничної відносної основної похибки:

$$\delta_{zp} = \pm \left[ c + d \cdot \left( \frac{X_k}{x_n} - 1 \right) \right], \%. \quad (1.6)$$

Треба зазначити, що для цифрових приладів чим більше значення показу вимірюваної величини, тим більше похибка. Наприклад, якщо маємо цифровий термометр з класом точності  $c/d = 0,5/0,2$  та границею вимірювання до  $500^\circ\text{C}$ , то похибка становить на початку діапазону ( $x_n = 0$ )  $\pm 0,2\%$ , а в кінці діапазону ( $x_n = X_k = 500^\circ\text{C}$ )  $\pm 0,5\%$

### **1.3 Завдання на підготовку до лабораторної роботи**

Для виконання лабораторної роботи та пояснення результатів експериментів необхідно опрацювати загальні відомості до даної лабораторної роботи та такі питання: типи датчиків та вимірювальних приладів, що застосовуються для вимірювання температури при термічній обробці; оцінювання основної похибки аналогових та цифрових приладів.



### **1.4 Контрольні питання**

1. Яким чином вирішується задача дистанційного вимірювання температури?
2. Які типи датчиків використовують для вимірювання температури?
3. Які типи вимірювальних приладів використовують для вимірювання температури?
4. Вказати діапазон вимірювальних температур для різних типів термопар.
5. Якою складовою ЗВТ обумовлений основний внесок в похибку результату вимірювання температури?
6. Що означає клас точності ЗВТ?
7. Що таке інструментальні похибки?
8. Що таке основна похибка?
9. Що таке клас точності ЗВТ?

### **1.5 Матеріали, інструмент, обладнання**

1. Термопар.
2. Мілівольтметр.
3. Потенціометр.
4. Піч.

### **1.6 Вказівки з техніки безпеки.**

Роботу виконують з дозволу викладача у відповідності з інструкціями по техніки безпеки.

### **1.7 Порядок виконання лабораторної роботи**

Ознайомитись з методикою застосування наданих ЗВТ. Провести вимірювання температури в печі різними приладами та оцінити основну похибку вимірювання відповідно до їх класу точності.

## Лабораторна робота № 2

## ПІДБІР ЕМПІРИЧНИХ ФОРМУЛ З ЗАСТОСУВАННЯМ МЕТОДУ НАЙМЕНШИХ КВАДРАТІВ

### 2.1 Мета роботи

Навчитися використовувати методику найменших квадратів для апроксимації імовірних залежностей результатів експериментів від різних чинників впливу.

### 2.2 Загальні відомості

Часто при дослідженні тих чи інших показників ( $y$ ) – результатів експериментів при одночасній зміні чинників  $x_i$ , що впливають на них, виникає необхідність апроксимації залежності  $y=f(x)$ . Це треба зробити так, щоб ця функція найкращим чином описувала істину залежність. Оскільки істинна функція  $Y(X)$  невідома, то на практиці коефіцієнти апроксимуючої моделі знаходять так, щоб мінімізувати певну функцію відхилень  $v_{a,i}$  знайдених експериментально значень функції  $y_i$ , від значень, розрахованих за цією моделлю  $y_a(x_i)$  у точках відомих значень аргументів  $x_i$

$$v_{a,i} = y_i - y_a(x_i) = y_i - F_a(a_0, a_1, \dots, a_m, x_i). \quad (2.1)$$

Поширеними критеріями знаходження коефіцієнтів апроксимуючих функцій за експериментальними точками є такі:

– мінімум суми модулів відхилень апроксимуючої функції від експериментальних точок

$$\min \left\{ \sum_{i=1}^n |v_{a,i}| \right\}; \quad (2.2)$$

– мінімум суми квадратів відхилень апроксимуючої функції від експериментальних точок

$$\min \left\{ \sum_{i=1}^n |v_{a,i}^2| \right\}; \quad (2.3)$$

- мінімум максимального за модулем відхилення апроксимуючої функції від експериментальних точок

$$\min \left\{ \max |v_{a,i}| \right\}. \quad (2.4)$$

Як бачимо, для аналітичного знаходження параметрів апроксимуючої залежності за всіма критеріями треба розв'язувати задачу пошуку мінімуму.

З математичного аналізу відомо, що для знаходження значень параметрів, за яких функція набуває мінімуму, необхідно спочатку обчислювати похідну (чи похідні за всіма параметрами) функції, потім прирівняти їх до нуля і, нарешті, розв'язати отримане рівняння (чи систему рівнянь). Оскільки похідна від модуля (абсолютного значення) функції в нулі є неоднозначною і змінюється стрибком, то беззаперечні переваги при застосуванні має критерій найменшої суми квадратів, оскільки похідна від квадрата є однозначною лінійною функцією. Оскільки за цим критерієм мінімізується сума квадратів відхилень шуканої функції від експериментальних точок, то його названо методом найменших квадратів (МНК), хоча правильно його назвати методом найменшої суми квадратів.

Існують різні варіанти реалізації МНК, які залежать від різних факторів. Якщо можливими розсіюваннями результатів вимірювань аргументів можна знехтувати (наприклад, значення аргументу відтворено високоточною мірою, зокрема у так званих реперних точках), а істотними є тільки похибки результатів вимірювання функції, то це звичайний МНК. Крім того, якщо шукані коефіцієнти лінійно входять до виразу функції, то це лінійний МНК, в іншому випадку це нелінійний МНК. Залежність (лінійна чи нелінійна) функції від незалежного аргументу не впливає на характер МНК.

У практичних вимірювальних задачах під час виконання експерименту існують похибки результатів вимірювань вхідної величини (аргументу) та вихідної (функції). Однак, оскільки апроксимацію частіше застосовують для розв'язання математичних задач, у яких аргумент можна задавати точно, то класична теорія апроксимації враховує лише можливі похибки у вимірюванні функції. Тобто вважаємо, що під час апроксимації похибкою значень аргументів порівняно із похибкою значень функції можна знехтувати. До таких задач (з певним наближенням) належать, наприклад, задачі визначення коефіцієнтів функції перетворення вимірювального пристрою, якщо вхідну величину задають з виходу калібратора (регульованої міри) з похибкою, якою можна нехтувати. Тому прийемо, що похибки вимірювання  $x$ , значно менші порівняно з похибками при визначенні  $y$ . Крім того вважаємо, що систематичні похибки виключені і результати вимірювань містять тільки випадкові складові похибок, які незалежні, мають однорідні дисперсії та розподілені за нормальним законом. При виконанні цих умов МНК дає незміщені оцінки параметрів залежності, що мають мінімальні дисперсії. Тоді задача визначення найкращої прямої лінії, що апроксимує набір з експериментальних точок  $(x_i; y_i), \dots, (x_m; y_m)$ , зводиться до знаходження значень постійних  $A$  і  $B$ .

В теорії методу найменших квадратів показано, що найкращі оцінки для невідомих постійних  $A$  і  $B$  це ті, які мають мінімальні значення виразу

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^m \frac{[y_i - (A + Bx_i)]^2}{\sigma_y^2}, \quad (2.5)$$

де  $\sigma_y$  – середнє квадратичне відхилення похибки вимірювання  $y$ . Продиференціювавши (2.5) по  $A$  і  $B$  і прирівнявши похідні нулю, одержимо систему рівнянь для визначення  $A$  і  $B$ . Опускаючи математичні перетворення, приведемо формули для розрахунку оцінок даних постійних:

$$A = \frac{\left(\sum_{i=1}^m x_i^2\right)\left(\sum_{i=1}^m y_i\right) - \left(\sum_{i=1}^m x_i\right)\left(\sum_{i=1}^m x_i y_i\right)}{G} \quad (2.6)$$

$$B = \frac{m \left( \sum_{i=1}^m x_i y_i \right) - \left( \sum_{i=1}^m x_i \right) \left( \sum_{i=1}^m y_i \right)}{G}, \quad (2.7)$$

де

$$G = m \left( \sum_{i=1}^m x_i^2 \right) - \left( \sum_{i=1}^m x_i \right)^2 \quad (2.8)$$

Формули (2.6) і (2.7) дають оцінки постійних  $A$  і  $B$  для прямої лінії  $\epsilon = A + Bx$ , засновані на точках, отриманих спільними вимірюваннями.

Таку залежність у математичній статистиці називають регресією.

Уявлення про наближення апроксимуючої функції до істинної залежності одержимо, оцінивши похибки у визначенні постійних  $A$  і  $B$ . Такі оцінки можливо виконати, якщо звернути увагу на те, що оцінки (2.6) і (2.7) для  $A$  і  $B$  – точно визначені функції вимірюваних значень  $y_1, \dots, y_m$ . Похибки  $A$  і  $B$  визначаються розрахунком за правилами посередніх вимірювань, виходячи з похибок вимірювань  $\Delta y_1, \dots, \Delta y_m$ .

Середнє квадратичне відхилення похибки виміру  $\sigma_y$  може бути відомо до початку вимірів, або обчислено за результатами вимірювань, як

$$\sigma_y^2 = \frac{1}{m-2} \sum_{i=1}^m [y_i - (A + Bx_i)]^2 \quad (2.9)$$

$$\sigma_A^2 = \sigma_y^2 \sum_{i=1}^m \frac{x_i^2}{G} \quad (2.10)$$

$$\sigma_B^2 = \frac{m \sigma_y^2}{G} \quad (2.11)$$

### **2.3 Завдання на підготовку до лабораторної роботи**

Для виконання лабораторної роботи та пояснення результатів експериментів необхідно пропрацювати загальні відомості до даної лабораторної роботи та такі питання:

1. Умови застосування методу найменших квадратів.
2. Сутність методу найменших квадратів.
3. Оцінка похибки у визначенні коефіцієнтів.

### **2.4 Контрольні питання**

1. З якою метою виконують сумісні вимірювання?
2. З яких міркувань визначають коефіцієнти апроксимаційної функції?
3. Які відомі критерії знаходження коефіцієнтів апроксимуючих функцій?
4. Яким чином визначити параметри при яких функція набуває мінімуму?
5. Як правильно називати МНК?
6. Яку залежність у математичній статистиці називають регресією?
7. Як оцінити наближення апроксимуючої функції до істинної залежності?

### **2.5 Матеріали і устаткування**

Результати сумісних вимірювань для виконання роботи студенти отримують у викладача.

### **2.6 Вказівки з техніки безпеки.**

Роботу виконують з дозволу викладача у відповідності з інструкцією по техніки безпеки.

## **2.7 Порядок виконання лабораторної роботи**

За результатами отриманими у викладача підібрати емпіричну формулу застосувавши метод найменших квадратів, перевірити її правильність методом підстановки, розрахувати похибки коефіцієнтів.

## **2.8 Порядок оформлення звіту**

Мета роботи, загальні відомості. Аналіз отриманих результатів.  
Висновки

## Лабораторна робота № 3

## КОРЕЛЯЦІЙНИЙ АНАЛІЗ

## 3.1 Мета роботи

Освоїти методику розрахунку коефіцієнта кореляції й проведення кореляційного аналізу.

## 3.2 Загальні відомості

Кореляційний аналіз – це статистичне дослідження залежності між випадковими величинами (англ. correlation — взаємозв'язок). У найпростішому випадку досліджують дві вибірки (набори даних). Метою кореляційного аналізу є виявлення чи існує істотна залежність однієї змінної  $X$  від іншої  $Y$ . При дослідженні будь-якого композиційного матеріалу це можуть бути, наприклад, кількість наповнювача ( $X$ ) та міцність цього матеріалу ( $Y$ ), а у порошкової металургії – температура спікання ( $X$ ) та твердість сплаву ( $Y$ ), тощо.

Отже, нехай деякий об'єкт характеризується двома величинами  $X$  і  $Y$  між якими може існувати функціональна, статистична або кореляційна залежність.

Функціональна залежність – це така залежність, коли кожному значенню величини  $X$  відповідає єдине значення величини  $Y$ . Залежність задається у вигляді функції  $Y = f(X)$ .

Статистична залежність – це така залежність, коли кожному значенню величини  $X$  відповідає статистичний розподіл величини  $Y$ . Ця залежність задається у вигляді кореляційної таблиці.

Кореляційна залежність – це окремий випадок статистичної залежності, коли кожному значенню величини  $X$  відповідає середнє значення величини  $Y$  ( $\bar{y}_x$ ) і зв'язок між ними досить добре описується функцією  $\bar{y}_x = f(x)$ , яка називається рівнянням регресії  $Y$  по  $X$ . Аналогічно, якщо кожному значенню величини  $Y$  відповідає середнє значення  $\bar{x}_y = \varphi(y)$ , то тоді ця функція називається рівнянням регресії  $X$  по  $Y$ . Кореляційний аналіз дозволяє на підставі вибірки досліджувати

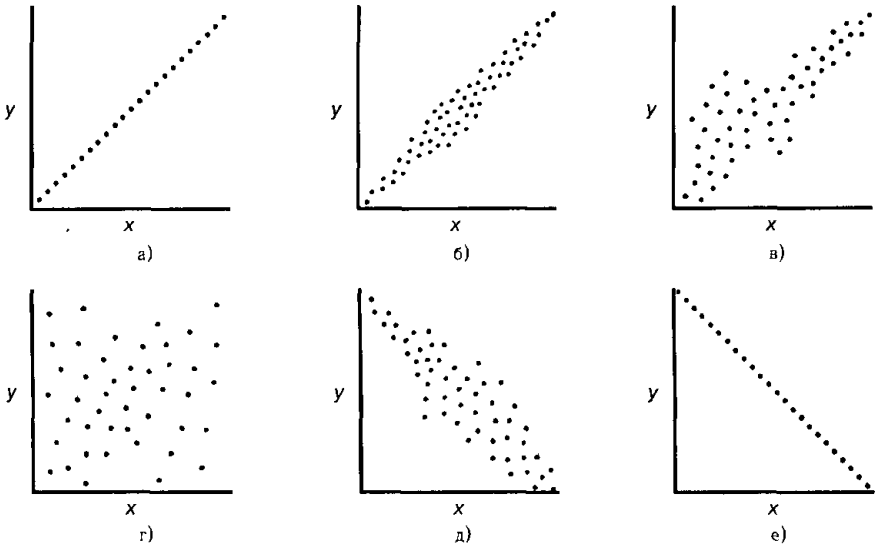


стохастичну (випадкову, не визначену) залежність між властивостями досліджуваного об'єкта.

Порядок проведення кореляційного аналізу наступний:

- встановлення наявності зв'язку між властивостями досліджуваного об'єкта за допомогою діаграм розсіювання;
- відбір факторів, що чинять найбільший вплив на досліджуваний об'єкт;
- визначення характеру зв'язку, його напрямку і форми, вибір математичного рівняння для описання виявленого зв'язку;
- визначення параметрів рівняння й показників тісноти зв'язку;
- статистична оцінка вибірових показників зв'язку.

Наприклад, щоб попередньо визначити наявність кореляційного зв'язку між  $X$  і  $Y$ , наносять точки на графік і будують так зване кореляційне поле. За щільністю групування точок біля прямої або кривої можна бачити наявність кореляційного зв'язку. На рис. 3.1 а, б, д, та е наведено приклади розподілу різноманітних експериментальних даних (точок), які мають явний зв'язок між  $x$  і  $y$ , і їх можна апроксимувати, наприклад, прямою. Експериментальні дані, зображені на рис. 3.1 г, кореляційного зв'язку не мають.



а, б, в, д, е – зв'язок існує; г – зв'язку немає

Рисунок 3.1 - Визначення наявності кореляційного зв'язку

При побудові діаграм розсіювання, необхідно ретельно вибирати шкали горизонтальної й вертикальної осей, оскільки при їхньому неправильному виборі можна одержати помилкову інтерпретацію інформації.

Треба пам'ятати, що наявність високого коефіцієнта кореляції не обов'язково вказує на існування причинно-наслідкового взаємозв'язку між змінними.

В одному обстеженні було встановлено, що між індексом споживчих цін і числом пожеж існує сильна позитивна кореляція, тоді зі зменшенням індексу споживчих цін спостерігалося б зменшення числа випадкових загорянь. Проте мабуть це не так. Для скорочення числа випадків загорянь варто було б зосередитися на своєчасному очищенню сміттєвих кошиків від сміття, що може з'явитися джерелом загорянь. При обчисленні коефіцієнта кореляції між двома змінними іноді може проявлятися сильна кореляція, що не підкріплюється або підкріплюється занадто слабкими причинно-наслідковими залежностями між ними. Кореляція такого роду називається помилковою кореляцією.

Тіснота лінійного зв'язку в кореляційному аналізі характеризується спеціальним відносним показником – коефіцієнтом кореляції Браве і Пірсона.

Для вивчення наявності зв'язку між ознаками  $X$  і  $Y$  досліджуваного об'єкта необхідно побудувати діаграму розсіювання, а для кількісної оцінки статичного зв'язку за експериментальними даними широко використовувати вибірковий коефіцієнт кореляції, що дозволяє об'єктивно оцінити ступінь залежності

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{X}) \cdot (y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{X})^2 \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{Y})^2}}, \quad (3.1)$$

де  $r_{xy}$  – коефіцієнт кореляції;  $N$  – кількість парних спостережень у вибірці;  $x_i$  і  $y_i$  – змінні ( $x_i$  – фактор,  $y_i$  – показник якості);

$\bar{X}$  і  $\bar{Y}$  – середні арифметичні відповідно  $x_i$  – фактора і  $y_i$  – показника якості.

Розрахунок можна виконати в зручному для обчислень виді за формулою (3.2)

$$r_{xy} = \frac{N \sum_{i=1}^N x_i y_i - \left( \sum_{i=1}^N x_i \right) \left( \sum_{i=1}^N y_i \right)}{\sqrt{\left[ N \sum_{i=1}^N x_i^2 - \left( \sum_{i=1}^N x_i \right)^2 \right] \cdot \left[ N \sum_{i=1}^N y_i^2 - \left( \sum_{i=1}^N y_i \right)^2 \right]}}, \quad (3.2)$$

або використовуючи наступні формули (3.3 – 3.6)

$$r_{xy} = \frac{S(xy)}{\sqrt{S(xx)S(yy)}}, \quad (3.3)$$

$$S(xx) = \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{X})^2 = \sum_{i=1}^N x_i^2 - \frac{\left( \sum_{i=1}^N x_i \right)^2}{N}, \quad (3.4)$$

$$S(yy) = \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{Y})^2 = \sum_{i=1}^N y_i^2 - \frac{\left( \sum_{i=1}^N y_i \right)^2}{N}, \quad (3.5)$$

$$S(xy) = \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{X}) \cdot (y_i - \bar{Y}) = \sum_{i=1}^N x_i y_i - \frac{\left( \sum_{i=1}^N x_i \right) \cdot \left( \sum_{i=1}^N y_i \right)}{N}, \quad (3.6)$$

де  $N$  – число пар вимірів;  $S(xy)$  – коваріація (міра залежності двох показників).

Для коефіцієнта кореляції  $r_{xy}$  двох випадкових змінних  $X$  і  $Y$  справедливо:

$-1 < r_{xy} < +1$ , при  $r_{xy} = \pm 1$  є функціональна залежність – всі точки лежать на прямій (дві випадкові змінні тим сильніше корельовані, чим ближче значення  $|r_{xy}|$  до одиниці);

якщо  $r_{xy} = 0$ , то ознаки  $X$  і  $Y$  називаються некорельованими, тобто для двовимірної нормально розподіленої змінної спостерігається стохастична незалежність;

у випадку,  $r_{xy} > 0$ , говорять про позитивну кореляцію випадкових величин  $X$  і  $Y$ , а при  $r_{xy} < 0$  – про негативну кореляцію.

Абсолютна величина  $|r|$  вказує на тісноту зв'язку.

Оцінити тісноту лінійного зв'язку можна за шкалою Чаддока (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 - Шкала Чаддока

Значення $ r $	0-0,1	0,1-0,3	0,3-0,5	0,5-0,7	0,7-0,9	0,9-0,99	1
Наявність функціональної лінійної залежності	немає	слабка	помірна	помітна	висока	дуже висока	повна

Коефіцієнт кореляції близький до одиниці, не завжди свідчить про наявність кореляційної залежності між досліджуваними величинами. При оцінці коефіцієнта кореляції необхідно враховувати число пар спостережень  $N$ , за якими було проведено його обчислення, оскільки при невеликому числі пар спостережень  $N$  значення вибіркового коефіцієнта  $r_{xy}$  часто значно відрізняється від дійсного значення коефіцієнта кореляції.

Для вирішення питання про значимість коефіцієнта кореляції можна скористатися графіком (рис. 3.2), на якому є три області.

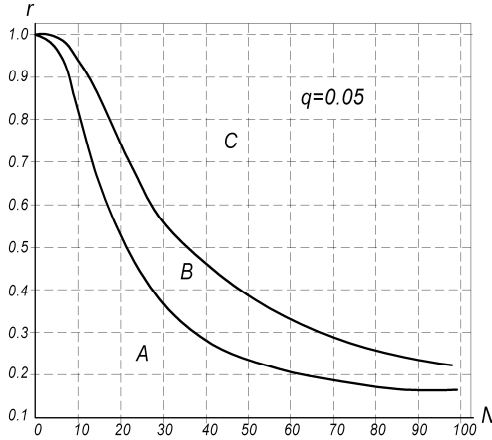


Рисунок 3.2 - Графік для визначення значимості коефіцієнта кореляції

За розрахованим значенням  $r_{xy}$  і числом вимірів  $N$  знаходимо точку з координатами  $(N, r)$ . Попадання вказаної точки в область:

А - обмежену нижньою кривою й осями координат, свідчить про не значимість коефіцієнта кореляції (про відсутність кореляційної залежності досліджуваних величин);

В - розташовану між двома кривими, свідчить про значимість коефіцієнта кореляції;

С – розташовану над верхньою кривою, свідчить про високу тісноту кореляційної залежності між величинами, що досліджуються.

Метод судження про існування кореляції за допомогою побудови діаграм розсіювання й обчислення коефіцієнта кореляції, описаний вище, називається кореляційним аналізом.

### 3.3 Завдання на підготовку до лабораторної роботи

Для виконання лабораторної роботи та пояснення результатів експериментів необхідно пропрацювати матеріал наведений у загальних відомостях та такі питання:

- задачі, що вирішує кореляційний аналіз;
- кореляційна та функціональна залежності;
- вибірковий коефіцієнт кореляції, та його визначення;
- встановлення значимості коефіцієнта кореляції.

### 3.4 Контрольні питання

1. Що називається кореляційним аналізом?
2. Для чого використовується кореляційний аналіз?
3. Що таке помилкова кореляція?
4. Чим характеризується тіснота лінійного зв'язку при кореляційному аналізі?
5. У яких межах змінюється коефіцієнт кореляції?
6. Що характеризує коефіцієнт кореляції?
7. Що входить у кореляційний аналіз?
8. За яким критерієм перевіряється значимість коефіцієнта кореляції?
9. Який висновок можна зробити при  $0,9 < r_{xy} \leq 1$ ?
10. Вказати межі зміни коефіцієнта кореляції, що відповідають високій функціональній залежності?
11. Який висновок можна зробити при  $0,1 < r_{xy} \leq 0,3$ ?
12. Які межі зміни коефіцієнта кореляції відповідають помітній функціональній залежності?

### 3.5 Матеріали і устаткування

Результати досліджень для проведення кореляційного аналізу студенти одержують у викладача.

### 3.6 Вказівки з техніки безпеки.

Роботу виконують з дозволу викладача у відповідності з інструкцією по техніки безпеки.

### 3.7 Порядок виконання лабораторної роботи

Ознайомитись з методикою кореляційного аналізу. Згідно з отриманими експериментальними даними, побудувати діаграму розсіювання й провести її аналіз. Розрахувати коефіцієнт кореляції й перевірити його значущість. Провести кореляційний аналіз отриманих результатів.

### **3.8 Порядок оформлення звіту**

Мета роботи, загальні відомості. Розрахунок необхідних величин. Аналіз отриманих результатів. Висновки

## Лабораторна робота № 4

# ОФОРМЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВОЇ РОБОТИ

### 4.1 Мета роботи

Мета роботи: опанувати правила та набути навичок у оформленні результатів наукової роботи.

### 4.2 Загальні відомості

Наукові дослідження здійснюються з метою одержання наукового результату. Науковий результат - нове знання, здобуте під час наукових діяльності та зафіксоване на носіях наукової інформації у формі наукового звіту, наукової праці, наукової доповіді, наукового повідомлення про науково-дослідну роботу, монографічного дослідження, наукового відкриття тощо. На даний час в Україні розроблені єдині правила оформлення звітів у сфері науки і техніки, які викладені у Державному стандарті України ДСТУ 3008-95 під назвою "Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення". Цей документ відповідає Міжнародному стандарту ISO 5966:1982, який використовують у своїй роботі фахівці таких країн, як США, Японія, Франція, ФРН, Канада та ін. Окрім того, стандарт враховує історичні традиції та норми української мови, зокрема, щодо подання прізвищ та імен авторів тощо.

Стандарт регламентує загальні вимоги до побудови, викладу та оформлення звітів.

**Вимоги до порядку викладу матеріалу звіту.** Звіт умовно поділяють на окремі частини:

- вступну;
- основну;
- додатки;
- матеріал в кінці звіту.

Вступна частина складається з титульного аркуша, списку авторів, реферату, змісту, переліку умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів, передмови.



Основна частина складається зі вступу, безпосередньо звіту, висновків, рекомендацій, переліку посилань.

Додатки розміщуються після основної частини звіту.

Матеріал у кінці звіту може містити список організацій, які розповсюджують звіт, та вихідних відомостей.

**Вимоги до основних структурних елементів вступної частини.** Обкладинка надає користувачеві перше уявлення про звіт і тому має бути чіткою, зрозумілою та інформативною. Зовнішній бік обкладинки містить ідентифікатори звіту, міжнародний стандартний книжковий номер, відомості про виконавця роботи – юридичну особу (організацію) або фізичну особу, повну назву документа, прізвища авторів звіту, рік складання звіту, спеціальні записи та обмеження розповсюдження.

Титульний аркуш є першою сторінкою звіту і є основним джерелом бібліографічної інформації, необхідної для оброблення та пошуку документа. Відомості на титульному аркуші в основному збігаються з відомостями на обкладинці.

**Реферат** призначений для попереднього ознайомлення зі звітом. Він має бути стислим, інформативним і давати можливість прийняти рішення про доцільність читання всього звіту. На відміну від анотації він виконує не сигнальну, а пізнавальну функцію і відповідає на питання які розглядаються в первинному документі. В той час як анотація відповідає на питання про які розглядаються в самому документі. Реферат містить відомості про обсяг звіту, кількість частин звіту, ілюстрацій, таблиць, додатків, кількість джерел, згідно з переліком посилань, безпосередньо текст реферату та перелік ключових слів. Текст реферату повинен відбивати подану у звіті інформацію у такій послідовності:

- об'єкт дослідження;
- мета роботи;
- методи дослідження та обладнання;
- результати та їх новизна;
- основні конструктивні, технологічні й техніко-експлуатаційні характеристики та показники;
- ступінь впровадження;
- взаємозв'язок з іншими роботами;
- рекомендації щодо використання результатів роботи;
- галузь застосування;

- економічна ефективність;
- значущість роботи та висновки;
- прогнозні припущення про розвиток об'єкта дослідження.

Як правило, обсяг реферату не перевищує 500 слів, і бажано, щоб він уміщався на одній сторінці формату А4.

Перелік ключових слів містить від 5 до 15 слів або словосполучень, надрукованих великими літерами в називному відмінку в рядок через коми.

**Анотація** це стисла характеристика роботи з точки зору змісту, призначення, форми і ін. Вона відповідає на питання “про що робота”?

**Передмова** включає супровідні нотатки, що пояснюють певні аспекти роботи, історичні умови для її написання тощо.

**Вимоги до основних структурних елементів основної частини.** У вступі коротко викладають:

- оцінку сучасного стану проблеми, практично розв'язані задачі, прогалини знань, що існують у певній галузі, провідні організації, фірми та провідних вчених цієї галузі;
- світові тенденції розв'язання поставлених задач;
- актуальність певної роботи та підставу для її виконання;
- мету роботи та галузь застосування;
- взаємозв'язок з іншими роботами. Не потрібно торкатись фактів та висновків, які викладені в наступних розділах.

Безпосередньо **звіт** – це виклад відомостей про предмет дослідження, які є необхідними й доступними для розкриття суті певної роботи (опис: теорії, методів роботи, характеристик і властивостей досліджуваного об'єкта, принципів дії та устрій об'єкта; метрологічне забезпечення) та її результати. Особливу увагу приділяють новизні в роботі, питанням сумісності, надійності, безпеки, екології, ресурсоощадності. Суть звіту викладають, поділяючи матеріал на розділи, підрозділи, пункти та підпункти. Відповідальність за достовірність відомостей, які містить звіт, несе виконавець.

Висновки містять тільки оцінку одержаних результатів даної роботи або її окремого етапу (негативних теж) з урахуванням світових тенденцій розв'язання поставленої задачі; можливі галузі використання результатів роботи; народногосподарську, наукову, соціальну значущість роботи. У висновках потрібно рухатись від часткових до більш загальних і важливих положень. Висновки часто пишуться у

вигляді коротко сформульованих тез (положень). Іноді їх представляють у зв'язаному, але максимально стислому викладі.

Характерною помилкою у висновках є те, що замість формулювання результатів досягнутих в роботі наводиться описання того, що робилося в роботі.

Рекомендації визначають подальші роботи, які вважають необхідними, приділяючи основну увагу пропозиціям щодо ефективного використання результатів дослідження. Рекомендації повинні мати конкретний характер і логічне обґрунтування.

**Перелік посилань** у вигляді бібліографічних описів джерел (технічної літератури, патентів, звітів) наводиться в порядку, за яким вони вперше згадуються в тексті.

**Загальні вимоги до оформлення тексту звіту, ілюстрацій і таблиць.** Звіт складається у вигляді тексту, ілюстрацій, таблиць і оформляється на аркушах паперу формату А4 машинописним способом або комп'ютерним набором на одному боці аркуша білого паперу. При оформленні важливі ясність викладання, систематичність і послідовність у подачі матеріалу. Для полегшення засвоювання матеріалу текст потрібно ділити на абзаци. Кожний абзац містить самостійну думку, що викладена в одному або декількох реченнях.

В рукопису бажано не допускати повторів, переходу до іншої думки поки попередня не отримала закінченого висвітлення. Не бажано використовувати розтягнуті фрази з нагромодженням підрядних речень, введених слів та фраз. Текст краще розуміється, якщо в ньому відсутні тавтології, часте повторення одних і тих же слів та виразів. В тексті потрібно робити менше посилань на себе, а якщо це необхідно то використовувати вирази від третьої особи: автор вважає, на нашу думку.

**Ілюстрації** (креслення, рисунки, графіки, схеми, діаграми, фотознімки) доцільно розміщувати у звіті безпосередньо після тексту, де вони згадуються. Ілюстрації повинні мати назву, яку розміщують під зображенням. **Таблицю** необхідно розташовувати безпосередньо після тексту, де про неї згадується вперше, або на наступній сторінці. **Формули та рівняння** записують після тексту, в якому про них йдеться, посередині сторінки. Пояснення значень символів і числових коефіцієнтів, що входять до формули чи рівняння, наводяться безпосередньо під формулою у тій послідовності, в якій вони наведені в формулі.

### 4.3 Завдання на підготовку до лабораторної роботи

Для виконання лабораторної роботи та пояснення результатів експериментів необхідно опрацювати загальні відомості до даної роботи, СТП 15-96 та надати відповіді на контрольні питання.

### 4.4 Контрольні питання

1. В яких документах викладені єдині правила оформлення звітів у сфері науки і техніки?

2. Який документ регламентує правила оформлення курсових та дипломних робіт?

3. Описати вимоги до порядку викладу матеріалу звіту.

4. Які складові входять до вступної частини?

5. Вимоги до реферату, його обсяг та призначення. Навести приклад.

6. На яке питання відповідає анотація?

7. Які дані включає передмова?

8. Які відомості викладають у вступі?

9. Які складові входять до основної частини?

10. Форма та зміст висновків.

11. Характерні помилки, що зустрічаються у висновках.

12. Описати загальні вимоги до оформлення тексту звіту, ілюстрацій і таблиць.

13. Правила складання переліку посилань.

14. Навести приклади оформлення титульних листів.

15. Структура пояснювальної записки. Навести приклад змісту пояснювальної записки.

### 4.5 Матеріали і устаткування

Статті, для проведення лабораторної роботи студенти отримують у викладача.

#### **4.6 Вказівки з техніки безпеки.**

Роботу виконують з дозволу викладача у відповідності з інструкцією по техніки безпеки.

#### **4.7 Порядок виконання лабораторної роботи**

Отримати у викладача статтю. На основі отриманих даних написати анотацію, реферат. Виділити в статті вступ, літературний огляд, матеріали та методику дослідження, обговорення результатів дослідження, висновки.

#### **4.8 Зміст звіту**

Мета роботи, загальні відомості. Аналіз отриманих результатів. Висновки.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Колесников О. В. Основы научных исследований. [Текст]: 2-ге вид. випр. та доп. Навч. посіб.- К.: Центр учбової літератури, 2011. – 144 с.
2. Крутов В.И. Основы научных исследований [Текст]: Учеб. Для техн. вузов / В.И. Крутов, И.М. Грушко, В.В. Попов и др. Под ред. В.И. Крутова, В.В. Попова.– М.: Высш. шк., 1989. – С. 318-331;
3. Пояснювальна записка до курсових та дипломних проектів. Вимоги та правила оформлення: СТП 15-69. – [Чинний від 1996-12-03]. – Запоріжжя: запорізький національний технічний університет, 1996. – 36 с. – (Стандарт підприємства).
4. Лудченко А.А. Основы научных исследований: учеб. пособие / А. А. Лудченко, Я. А. Лудченко, Т. А. Примак ; под ред. А.А. Лудченко. — Київ: Знання, 2000. – 114 с.
5. Сабитов Р.А. Основы научных исследований: учеб. Пособие. – Челябинск, 2002. – 138 с.
6. Цехмістрова Г.С. Основы научных исследований: навч. Посібник. – Київ: Видавничий Дім «Слово», 2003. – 240 с.
7. Марцин В.С. Основы научных исследований: навч. посібник / В.С. Марцин, Н.Г. Міценко, О.А. Даниленко та ін. – Львів: Ромус-Поліграф, 2002. – 128 с.
8. Романчиков В.І. Основы научных исследований: навч. посібник. – Київ: Видавництво «Центр учбової літератури», 2007. – 254 с.