

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ «ПОДІЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ»  
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра транспортних технологій та засобів АПК

Методичні рекомендації до лабораторних робіт з дисципліни «Основи теорії систем і управління» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної, заочної та дистанційної форми навчання спеціальності 275 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)»

Кам'янець-Подільський, 2022 р.

**Укладачі:**

**Леся Шелудченко** – доцент кафедри транспортних технологій та засобів АПК, доктор технічних наук, доцент;

**Сергій КОМАРНІЦЬКИЙ** - доцент кафедри транспортних технологій та засобів АПК, кандидат технічних наук, доцент;

**Юрій ФІРМАН** - доцент кафедри транспортних технологій та засобів АПК, кандидат технічних наук, доцент;

**Віталій МЕЛЬНИК** – асистент кафедри транспортних технологій та засобів АПК.

*Рекомендовано до друку науково-методичною радою  
Закладу вищої освіти «Подільський державний університет»  
(протокол № 7 від 25.10.2022 р.)*

**Рецензенти:**

**Василь НОСКО**, кандидат с-г наук, доцент кафедри машиновикористання та технологій в сільському господарстві Відокремленого підрозділу НУБІП України «Бережанський агротехнічний інститут».

**Руслана СЕМЕНИШЕНА**, кандидат педагогічних наук, доцент кафедри технічного сервісу і загальнотехнічних дисциплін Закладу вищої освіти «Подільський державний університет»

Методичні рекомендації до лабораторних робіт з дисципліни «Основи теорії систем і управління» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної, заочної та дистанційної форми навчання спеціальності 275 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)» / ЗВО «ПДУ» ; уклад.: Л.С. Шелудченко, С.П. Комарніцький, Ю.П. Фірман, В.А. Мельник). - Кам'янець-Подільський, 2022. – 50 с.

## ЗМІСТ

Лабораторна робота №1 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ СИСТЕМИ.....	4
Лабораторна робота №2 ОСНОВНІ ВІДОМОСТІ ПРО ВИМІРЮВАННЯ. ПОХИБКИ ВИМІРЮВАННЯ.....	13
Лабораторна робота №3 УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ПРЯМИХ, МЕХАНІЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ МЕТОДОМ ЇХ УСЕРЕДНЕННЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОХИБКИ ВИМІРЮВАННЯ.....	21
Лабораторна робота №4 УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	24
Лабораторна робота №5. ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ.....	33
Лабораторна робота №6 ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ.....	35
Лабораторна робота №7 ПРЕДСТАВЛЕННЯ ДАНИХ МЕТОДОМ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ.....	38
Лабораторна робота № 8 РОЗРОБКА ШКАЛИ (ІНДИКАТОРА) ПРИЛАДУ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	44
Список рекомендованих джерел.....	50

## **Лабораторна робота № 1**

### **ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ СИСТЕМИ**

Мета роботи: придбати практичні навички щодо розпізнавання типу системи. Засвоїти принципи класифікації систем, вивчити різноманітність класів та підкласів систем.

#### **Теоретична частина.**

Розвиток людства характеризується масштабністю діяльності, яка охоплює всі сфери навколишньої дійсності. Ця діяльність, крім бажаних результатів, має і не бажані, неочікувані результати. При зростанні масштабності діяльності небажані результати інколи ведуть до глобальних катастроф, що загрожують всьому людству. Причому впоратися з ними буває надзвичайно важко. Тому, кожен дипломований спеціаліст до вирішення всякої проблеми повинен підходити не тільки зі своєї вузькоспеціальної точки зору, а з урахуванням всіх аспектів виконуваної роботи, всього досвіду, набутого людством. Такий підхід до проблем може забезпечити розуміння системності світу. Системність світу виражається в об'єктивно існуючій ієрархії по різному організованих систем і взаємодії цих систем між собою.

Поняття «система» є найбільш загальним і охоплює майже всі об'єкти навколишнього світу як природного, так і штучного походження.

**Система** – це складна, суттєво багатопараметрична ієрархічна структура, яка складається з окремих об'єктів, що за визначеного рівня декомпозиції можуть вважатися за елементарні (тобто такі, які умовно не підлягають подальшій їх структуризації), визначена наявністю та щільністю зв'язків поміж цими об'єктами. В процесі взаємодії з навколишнім середовищем здатна до самоорганізації і розвитку, реагує на зовнішні впливи та зберігає певну стабільність у визначених просторово-часових межах.

Вивченням та аналізом систем займається системний підхід та системний аналіз.

Системний підхід – це метод при якому всі зв'язки, елементи, функції та проблеми розглядаються у вигляді взаємопов'язаного цілого.

Особливості системного підходу:

- 1) При дослідженні об'єкта як системи, опис його елементів не є визначаючим, оскільки кожен із елементів представляється не як ізольований, а із урахуванням його місця в цілому;
- 2) Дослідження об'єкта як системи є невід'ємним від дослідження його взаємозв'язків з навколишнім середовищем;
- 3) Специфічною особливістю є врахування нових властивостей, які виникають при поєднанні елементів в систему (емерджентність).

Задачі загальної теорії систем:

- 1) Розроблення засобів представлення досліджуваних об'єктів як системи;
- 2) Побудова загальних описових та формальних моделей систем, їх поведінки, розвитку, ієрархічної структури, процесів управління в системах.

Системний аналіз – це загальнонаукова дисципліна, що являє собою методологію розв'язання проблем практичного характеру, котрі виникають у системах, на основі єдиного наукового підходу.

Системний аналіз має у своєму розпорядженні формалізовані процедури з чітким алгоритмом дії, та неформалізовані процедури, алгоритм яких не може бути однозначно описаний. Певною мірою крім чітко наукової спрямованості системний аналіз є мистецтвом, оскільки в ньому інтуїція, здоровий глузд, оціночні та якісні судження мають таке ж значення, як і строгі наукові розрахунки.

**Системний аналіз** - це науковий напрямок, що розробляє методологію вирішення проблем і він, як методологія, претендує на те, щоб об'єднати всі потрібні методи та знання для вирішення проблеми. Вихідним пунктом системного аналізу є:

- визначення системи її границь та взаємодії з навколишнім світом,

- визначення цілей системи, точки зору, з якої розглядається система та контексту, в якому вона розглядається.

Визначення границь системи залежить від цілей, точки зору та контексту розгляду системи. При формулюванні цілей системи в першу чергу слід враховувати її походження. Для систем штучного походження ціль здебільшого відома, хоча її формулювання певною мірою залежить від точки зору аналітика. Наприклад, певний вид транспорту може мати ціллю перевезення пасажирів, але з точки зору підприємця основною ціллю може бути одержання прибутків. Ціль штучної системи здебільшого визначає і подальші кроки аналізу, оскільки склад системи, структура та функціонування в значною мірою визначаються ціллю, для якої система створена.

Більш складним є завдання формулювання цілі природної системи. Одним з методів, що використовуються при формулюванні цілей природних систем, є поділ цілей на суб'єктивні й об'єктивні.

**Суб'єктивні цілі** – це продукт розумової діяльності людини.

**Об'єктивною ціллю** вважають майбутній реальний стан системи, в якому вона виявиться, рухаючись по траєкторії свого життєвого циклу.

Для систем живої природи об'єктивною ціллю може бути збереження роду, популяції, розвиток і пристосування до змін навколишнього середовища.

Для систем неживої природи ціллю може бути забезпечення рівноваги навколишнього світу. У багатьох випадках ціллю природних систем вважають їх споживацьке призначення, тобто задоволення певних практичних потреб людини. З точки зору споживача річка може розглядатись як транспортний шлях і ціль системи можна сформулювати як забезпечення шляху для транспортування вантажів та пасажирів. Точка зору виражає відношення системного аналітика до системи, уточнення з якого погляду його цікавить система. Певна система, наприклад, електротранспорт, може розглядатись з точки зору керівника міста, підприємця, пасажира, архітектора тощо. Контекст визначає оточення, в якому розглядається система. З погляду працівника транспорту річка може розглядатись у контексті всіх транспортних шляхів, що

служать для перевезення людей та вантажів. З точки зору гідролога вона може розглядатись у контексті всіх процесів перенесення води, а з точки зору електрика – у контексті всіх середовищ, що передають блукаючі струми.

*Отже, системний підхід – це загальний методологічний принцип системних досліджень, а системний аналіз – це «рецептурна» реалізація системного підходу, це певний алгоритм при вирішенні проблем різного характеру.* Класифікація систем наведена в таблиці 1.

Таблиця 1.1.

### Класифікація систем

Основи класифікації систем	Класи та підкласи систем
1. За походженням	1.1 штучні 1.2 природні 1.3 змішані
2. За характером зв'язку з зовнішнім середовищем	2.1. Відкриті 2.2. Закриті
3. За складністю	3.1 Неживі. 3.1.1 Статичні структури чи їх основи (кристал). 3.1.2 Прості динамічні із заданим законом поведінки (годинник). 3.1.3 Кібернетичні системи з циклами керування, що мають зворотний зв'язок (термостат, робот). 3.2 Живі. 3.2.1 Відкриті системи з самозберігаючою структурою (клітка). 3.2.2 Живі організми з низькою здатністю сприймати інформацію (рослини). 3.2.3 Живі організми з більш розвинутою системою сприйняття інформації (тварини). 3.2.4 Живі організми із самосвідомістю (людина). 3.2.5 Соціальні системи (етнос, нація). 3.2.6 Трансцендентні системи чи системи, що знаходяться поза нашою свідомістю.
4 За принципами поведінки	4.1 Матеріальні. 4.2 Гомеостатичні. 4.3 Рішаючі (без передбачення). 4.4 Здатні передбачувати. 4.5 Рефлексивні.
5 За ступенем організованості	5.1 Добре організовані. 5.2 Погано організовані. 5.3 Самоорганізуючі. 5.3.1 Саморегулюючі. 5.3.2 Самонавчаючі. 5.3.3 Самонастроюючі.

	5.3.4 Самовідновлюючі. 5.3.5 Самовідтворюючі.
6 За ступенем ресурсної забезпеченості.	6.1 Малі. 6.2 Великі. 6.3 Прості. 6.4 Складні. 6.5 Звичайні. 6.6 Енергокритичні.
7 За характером цілей.	7.1 Ціленаправлені. 7.2 Цілеспрямовані.
8 За описом змінних.	8.1 Якісний опис. 8.2 Кількісний опис. 8.3 Змішаний опис.
9 За способом керування.	9.1 Керування зовні. 9.2 Самокерування. 9.3 З комбінованим керуванням.
10 За типом операторів системи S.	10.1 Чорний ящик (S невідомо). 10.2 Непараметризований клас (S відомо частково). 10.3 Параметризований клас (S відомо до параметрів). 10.4 Білий ящик ( S відомо повністю).

**Класифікатор 1.** *Штучна система* – це система, що має певну суб’єктивну ціль свого функціонування, призначення. Структура системи і її функції здебільшого визначаються її ціллю. *Природна система* має об’єктивну ціль, зумовлену життєвим циклом системи. Вона може розглядатись з точки зору користувача і мати суб’єктивну ціль, як ціль ради якої її використовує користувач. *Змішані системи* мають ієрархію цілей. На верхньому рівні – об’єктивні цілі, на нижньому – об’єктивні і суб’єктивні.

Таблиця 1.2.

#### Класифікація систем за походженням

Штучні системи	Змішані системи	Природні системи
Засоби праці	Ергономічні	Живі
Механізми	Біотехнічні	Неживі
Машини	Організаційні	Соціальні
Автомати	Автоматизовані	Екологічні
Роботи	-	-



**Класифікатор 2.** Відкриті системи – це системи, що у процесі свого життєвого циклу обмінюються із зовнішнім середовищем масою, енергією, інформацією. Закриті системи такої властивості не мають. Вони підлягають другому закону термодинаміки, згідно з яким здійснюється зростання ентропії у закритих системах (ступінь хаотичності системи, її старіння).

**Класифікатор 3.** У ньому закладені принципи інформаційної взаємодії системи та середовища, додаткового пояснення не потребує.

**Класифікатор 4.** У ньому закладені основні принципи, якими зумовлена поведінка системи.

*Принцип матеріально – енергетичного балансу* – це коли поведінка системи зумовлена тільки законами природи, тобто законами збереження та перетворення матерії.

*Принцип гомеостазу* – це здатність системи повертатися у стан рівноваги.

*Принцип вибору рішення* – це здатність системи обирати характер своєї поведінки з декількох альтернатив.

*Принцип перспективної діяльності* – це здатність системи організувати свою поведінку з урахуванням минулого досвіду, припущенням, що майбутній розвиток суттєво не відрізнятиметься від минулого.

*Принцип рефлексії* полягає в тому, що система організує свою поведінку з урахуванням можливої дії іншої системи, тобто це поведінка систем, які наділені інтелектом, можливістю передбачати дії інших систем, з якими вони взаємодіють.

**Класифікатор 5.** До добре організованих систем відносяться системи, всі компоненти яких визначені і визначена взаємодія між ними. Ці системи можна повністю описати математичними формулами.

*Погано організовані (дифузні)* – це системи, для яких неможлива і не ставиться задача визначення всіх складових частин. Поведінка їх описується певною ймовірністю.

*Самоорганізуючі системи* найбільш складні, здатні змінювати взаємодію між своїми частинами.

**Класифікатор 6.** Здійснюється у відповідності до таблиці 1.3.

Таблиця 1.3

Класифікація систем за ступенем ресурсної забезпеченості

Характер ресурсу	Забезпеченість	
	Повна	Недостатня
Енергетичний	Звичайні	Енергокритичні
Матеріальний	Малі	Малі
Інформаційний	Прості	Складні

**Класифікатор 7.** *Цілеспрямовані* – це системи, що мають певну ціль, певне призначення, наприклад холодильник, тролейбус, тощо.

*Ціленаправлені* – це системи, що можуть сприймати певні потреби і виконувати дії для їх задоволення, наприклад, тваринний світ, людина, громадське об'єднання, підприємство, тощо.

**Класифікатор 8 і 9.** Не потребують додаткового пояснення.

**Класифікатор 10.** *Чорний ящик* – це система про внутрішню організацію і функціонування якої нічого не відомо, а відомо тільки, що є на вході системи і що на виході.

*Білий ящик* – це система, для якої повністю відома внутрішня структура, механізми взаємодії між елементами структури.

*До параметризованого та непараметризованого класів* відносяться системи, що займають проміжне місце, про параметри функціонування яких відомо частково або з точністю до певного параметра

### Завдання до роботи

У ході практичної роботи відповідно до варіанта (таблиця 1.4). слід визначити цілі та під цілі системи, точку зору, з якої розглядається система, та контекст, в якому вона розглядається. Провести класифікацію за ознаками, які були подані в теоретичному матеріалі, виконати опис системи на вербальному

рівні, а саме морфологічний, історичний та функціональний. Перед виконанням роботи слід повторити відповідний теоретичний матеріал.

Таблиця 1.4

## Завдання для виконання

№ варіанти	Назва системи
1	Автомобіль, підприємство, вантаж
2	Цех, насіння, лаборант
3	Академічна група, факультет, Міністерство освіти і науки України
4	Населення, область, країна
5	Учень, школа, директор
6	Заклад дошкільної освіти, навчально-виховний комплекс, заклад вищої освіти
7	Армія, суспільство, країна
8	Маршрутне таксі, пасажир, маршрут
9	Автомобіль, дорога, довкілля
10	Цирк, тварини, діти
11	Водій, вантаж, підприємство
12	Підприємство, бухгалтерія, банк
13	Річка, пляж, рибак
14	Учень, вчитель, університет
15	Поле, клімат, агроінженер
16	Розклад, спеціальність, дисципліна
17	Транспортна мережа, студент, навчальний корпус
18	Корисні копалини, будівництво, транспорт
19	Дорожні знаки, пішоходи, водії

## Етапи виконання завдання

1. Проаналізувати елементи системи, визначити їх функцію.

2. Визначити ціль системи, її призначення, точку зору аналітика та контекст, в якому буде розглядатись система.
3. Виконати класифікацію системи за наведеним класифікатором.
4. Оформити результати роботи у вигляді звіту.

Результати класифікації звести до таблиці 1.5 (таблиця заповнюється окремо для кожної системи).

Таблиця 1.5

## Результати розпізнавання системи

№ п/п	Класифікатор	Клас системи
1	1 За походженням	
2	2 За характером зв'язку з навколишнім середовищем	
3	3 За складністю	
4	4 За принципами поведінки	
5	5 За ступенем організованості	
6	6 За ступенем ресурсної забезпеченості	
7	7 За характером цілей	
8	8 За описом змінних	
9	9 За способом керування	
10	10 За типом операторів системи S	

У висновках пояснити, чому система таким чином класифікована та відзначити відмінності різних типів систем. Оформити результати роботи у вигляді звіту.

**Питання до перевірки знань**

1. Що таке система?
2. Що таке системний підхід?
3. Що таке системний аналіз?
4. Як оцінюється цілісність системи?
5. Що таке елемент системи?
6. Що таке властивість системи?

## **Лабораторна робота № 2**

### **ОСНОВНІ ВІДОМОСТІ ПРО ВИМІРЮВАННЯ. ПОХИБКИ ВИМІРЮВАННЯ.**

Мета роботи: ознайомитися з теоретичними основами вимірювання основних параметрів систем.

Хід роботи:

1. Ознайомитися з основними поняттями та визначеннями про вимірювання.
2. Розглянути основні методи вимірювання.
3. Ознайомитися із класифікацією похибок вимірювання.

#### **1. Основні поняття та визначення. Класифікація вимірювань.**

Вимірювання є кількісним пізнанням властивостей певного матеріального об'єкту. Це метод експериментального дослідження об'єктивно існуючих закономірностей та практичної перевірки теоретичних співвідношень.

Відповідно до ДСТУ 2681-94, вимірювання – це відображення фізичної величини (ФВ) їх значеннями за допомогою експерименту та обчислень із застосуванням спеціальних технічних засобів.

Експеримент (від лат. *experimentum* - проба, дослід) – це дослідницька стратегія, яка передбачає цілеспрямоване спостереження за певним процесом в умовах регламентованих змін окремих характеристик умов його протікання. Це сплановане та кероване дослідження, в якому експериментатор впливає на ізольований об'єкт (об'єкти) і фіксує зміни в його станах. Дослідження проводиться з метою перевірки гіпотези про причинно-наслідковий зв'язок

між впливом незалежної змінної і зміненими станами об'єкта (залежної змінної).

На думку Р. Готтсданкера, експеримент - це вивчення об'єкта в умовах спланованого та спеціально створеного зміщення реальності з метою отримати результати, які можна узагальнити та використати для перевірки експериментальної гіпотези.

За характером знаходження значення вимірюваної величини, вимірювання класифікують на прямі, непрямі, опосередковані, сукупні та сумісні.

Пряме вимірювання – це вимірювання, в якому значення однієї величини знаходять без перетворення її роду та використання відомих залежностей. Це вимірювання маси, часу, довжини, сили електричного струму, атмосферного тиску тощо.

**Непряме вимірювання** – вимірювання, в якому значення однієї чи декількох величин, які вимірюються, знаходять після перетворення роду величини чи обчислення за відомими їхніми залежностями від декількох величин, що вимірюються прямо.

До непрямих вимірювань відносять сукупне, сумісне та опосередковане.

**Опосередковане вимірювання** є різновидом непрямих вимірювань однієї величини з перетворенням її роду чи обчисленням за результатами вимірювання інших величин, з якими вимірювана величина пов'язана певною функціональною залежністю.

Наприклад, при вимірюванні площі прямокутної ділянки потрібно визначити методом прямого вимірювання довжину і ширину, а значення площі визначити за відомою функціональною залежністю (перемноживши довжину на ширину).

**Сукупне вимірювання** – непряме вимірювання, в якому значення декількох однозначно вимірюваних однорідних величин отримують за допомогою розв'язання рівнянь, які пов'язують їх з іншими величинами, що в свою чергу вимірюються прямим або опосередкованим методом.

**Сумісне вимірювання** – непряме вимірювання, в якому значення декількох однозначно вимірюваних різнорідних величин отримують за допомогою розв’язання рівнянь, які пов’язують їх з іншими величинами, що в свою чергу вимірюються прямим або опосередкованим методом.

**Статичне вимірювання** – вимірювання величини, яку можна вважати незмінною за час вимірювання. Наприклад, вимірювання температури асфальту автомобільної дороги, довжини, маси, ширини тощо.

**Динамічне вимірювання** – вимірювання величини, що змінюється за час проведення вимірювання. Наприклад, вимірювання швидкість автомобіля з моменту його руху, температури в ДВЗ тощо.

**Одноразове вимірювання** – вимірювання яке здійснюється одноразово за один підхід (визначення часу по годиннику, вимірювання температури тощо).

**Багаторазове вимірювання** – вимірювання однієї і тієї ж фізичної величини, результат яких отримують за декілька вимірювань, впорядкованих одне за одним.

**Рівноточні вимірювання** – ряд вимірювань фізичної величини, що виконано однаковими за точністю засобами вимірювання в одних і тих самих умовах.

**Нерівноточне вимірювання** – ряд вимірювань фізичної величини, які виконані різними по точності засобами вимірювання в різних умовах.

**Метрологічне вимірювання** – вимірювання за допомогою еталонів і зразкових засобів фізичної величини або передачі їх розмірів до робочих засобів вимірювання.

## 2. Методи вимірювання

**Метод вимірювання** – це сукупність способів використання засобів вимірювання та принципів вимірювання для створення вимірювальної інформації.

Під принципом вимірювання розуміють сукупність фізичних явищ, на яких засновані ці вимірювання, а під засобами вимірювальної техніки (ЗВТ) - технічний засіб, який застосовується під час вимірювання і має нормовані метрологічні характеристики.

Обрання методу вимірювання визначається видом вимірювальної величини, необхідної точності, швидкістю проведення вимірювань, економічними співвідношеннями.

В залежності від характеру використання ЗВТ основних методів вимірювань поділяють на:

- **метод безпосереднього оцінювання вимірювання** – значення величини отримують безпосередньо по реєструючому пристрою вимірювального приладу прямої дії;

- **методи порівняння** – засновані на порівнянні вимірювальної величини із тією, що відтворюється мірою.

Розрізняють наступні різновиди методів порівняння:

- 1) **Метод порівняння з мірою** – це метод вимірювання, при якому вимірювальна величина порівнюється з іншою, що відтворюється мірою. За міру можна прийняти нормальні елементи, стандартні зразки тощо.
- 2) **Метод протиставлень** – метод порівняння з мірою, при якому величина, що вимірюється, та величина, що відтворена мірою, одночасно впливають на прилад порівняння.
- 3) **Диференціальний метод** - метод порівняння з мірою, при якому на прилад, що вимірює, діє різниця між вимірюваною величиною та величиною, відтвореною мірою.
- 4) **Метод заміщень** – за цим методом величина, що вимірюється, заміщається відтвореною величиною мірою в такий спосіб, щоб показчик індикатора вимірювального приладу залишався незмінним. Прикладом може служити зважування з почерговим розміщенням вимірюваної маси та гир на одні і ту саму шальку ваг.



- 5) **Метод збіжностей** – метод порівняння з мірою, при якому різниця поміж величиною, що вимірюється, та величиною що відтворюється мірою, вимірюється за допомогою використання збіжності позначок шкал або періодичних сигналів. Цей метод використовується під час вимірювання геометричних розмірів тіл за допомогою штангенциркуля.
- 6) **Нульовий метод** – метод порівняння з мірою, при якому результуючий ефект дії вимірюваної величини та відомої величини, яка відтворюється мірою, в приладі порівняння доводять до нуля.
- 7) **Контактний і безконтактний методи** – методи, за яких чутливий елемент приладу приводиться або не приводиться до контакту з об'єктом вимірювання.

### 3. Похибки вимірювань.

#### 3.1. Основні положення.

Процедура вимірювання складається з таких основних етапів:

- прийняття моделі об'єкту вимірювання;
- вибір методу вимірювання;
- вибір засобів вимірювання;
- проведення розрахунків з метою обрання числового значення результату вимірювання.

Під час вимірювання результат буде відрізнятись від істинного значення. Дане відхилення називається похибкою вимірювання.

Причини, які зумовлюють похибки:

- недостатність інформації про об'єкт вимірювання;
- Недосконалість методів та засобів вимірювання;
- в результаті певного зовнішнього впливу;
- суб'єктивними особливостями оператора (експериментатора);
- округлення результатів вимірювання тощо.

Таким чином, до задачі вимірювання входить не лише визначення значення ФВ, а також оцінка похибки. Вимірювання вважається закінченим лише тоді, коли відомо з якою похибкою воно здійснене.

### 3.2. Класифікація похибок вимірювання.

Класифікація похибок вимірювання залежить від джерела виникнення, умов проведення, характеру величин, що вимірюється в часі, та способу вираження (табл.2.1).

Таблиця 2.1.

#### Класифікація похибок

КЛАСИФІКАЦІЯ ПОХИБОК				
1. За джерелом виникнення	2. За умовами проведення	3. За характером виявлення	4. За характером вимірюваної величини у часі	5. За способом вираження
Похибка методу	Основна	Систематична	Статична	Абсолютна
Інструментальна похибка	Додаткова	Випадкова	Динамічна	Відносна
Суб'єктивна похибка		Груба		Приведена

#### 1. За джерелом виникнення

**Похибки методу вимірювання** – спричинені недосконалістю обраного методу, а також недостатністю обґрунтування його теорії, застосуванням наближених формул тощо.

**Інструментальна похибка** – складова похибки вимірювання, яка зумовлена недосконалістю засобів вимірювальної техніки (ЗВТ), а також обумовлена конструктивними та технологічними недоліками.

**Суб'єктивна (особиста) похибка** – виникає внаслідок особистих здібностей дослідника (експериментатора). Наприклад, недосконалість зору, втома дослідника, невідповідність.

## 2. *За умовами проведення вимірювань*

**Основна похибка** – похибка, яка виникає за нормальних умов застосування ЗВТ. Ця похибка нормується і вказується у відповідних документах (технічному паспорті, формулярі тощо).

**Додаткова похибка** – обумовлюється відхиленням однієї чи декількох впливових величин (температура, тиск, вологість тощо) від нормального значення.

## 3. *За характером виявлення*

**Систематична похибка** – складова похибки, яка залишається сталою або закономірно змінюється при повторних вимірюваннях однієї і тієї ж величини. Вона зумовлена впливом на результат вимірювання багатьох факторів, дію яких не було усунено чи прийнято до уваги. Ці фактори можуть бути постійно діючими, або закономірно змінюватися. В ряді випадків систематичні похибки можуть бути визначені дослідним шляхом.

В залежності від причин виникнення систематичні похибки поділяють на інструментальні, суб'єктивні, а також похибки методу та похибки від зовнішніх впливів. На практиці повне усунення систематичної похибки неможливе.

**Випадкова похибка** – це та складова похибки, яка за повторних вимірювань однієї і тієї ж величини, проведених одним і тим же приладом в однакових умовах, матиме результати, які будуть відрізнятися один від одного.

**Груба похибка** – це похибка вимірювання, яка істотно перевищує очікувану за даних умов похибку.

## 4. *За характером зміни вимірюваної величини у часі*

**Статична похибка** – похибка при вимірюванні постійної у часі величини.

**Динамічна похибка** – різниця між похибкою в динамічному режимі (змінної в часі величини) і статичною похибкою, яка відповідає значенню виміряної величини у відповідний момент часу.

#### 5. За способом вираження

**Абсолютна похибка вимірювання** – це алгебраїчна різниця між отриманим при вимірюванні значенням та істинним значенням вимірюваної величини.

$$\Delta_i = |x_i - x_{ap}| \quad (2.1.)$$

Абсолютна похибка визначається в одиницях величини, яка вимірюється.

**Відносна похибка** – відношення абсолютної похибки вимірювання до істинного значення вимірюваної величини:

$$\delta_i = \frac{\Delta_i}{x_{ap}} \times 100\% = \frac{|x_i - \bar{x}_{ap}|}{\bar{x}_{ap}} \times 100\% \quad (2.2)$$

Відносна похибка виражається в безрозмірних одиницях або у відсотках.

**Приведена похибка** – відношення абсолютної похибки до нормуючого значення вимірюваної величини:

$$\gamma = \frac{\Delta x}{X_{\text{нор}}} \quad (2.3)$$

Нормуюче значення приймають рівним:

- для засобів вимірювань, у яких нульова відмітка знаходиться на краю або за межами шкали, кінцевому значенню діапазону вимірювань;
- для засобів вимірювань, у яких нульова відмітка знаходиться в межах діапазону вимірювань, сумі кінцевих діапазонів вимірювань;

- для вимірювальних приладів з суттєвою нерівномірністю шкали нормуюче значення встановлюють рівним в усій довжині шкали аб її частині, відповідній до діапазону вимірювань.

### **Контрольні запитання**

1. Загальні визначення похибки вимірювань.
2. Класифікація похибок вимірювань.
3. Похибки за умовами проведення вимірювань – основні та додаткові.
4. Похибки за характером виявлення – систематична, випадкова та груба.
5. Похибки від тимчасового характеру вимірюваної величини – статична та динамічна.
6. Похибки за способом виразу – абсолютна, відносна та приведена.

### **Лабораторна робота №3**

## **УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ПРЯМИХ, МЕХАНІЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ МЕТОДОМ ЇХ УСЕРЕДНЕННЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОХИБКИ ВИМІРЮВАННЯ**

**Мета роботи:** Узагальнення результатів прямих вимірювань методом їх усереднення та визначення похибки вимірювань

### **Хід виконання роботи**

1. Встановити ціну позначки штангенциркуля.
2. Провести вимірювання поперечних розмірів об'єктів дослідження. Отримані результати занести в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1

Результати вимірювання об'єктів вимірювання

Повторюваність	Об'єкт 1	Об'єкт 2	Об'єкт 3
1			
n			

3. Розрахувати середні значення здійснюваних вимірювань за всіма видами простої середньої ступеневі. Співставити отримані результати за властивістю мажоритарності середніх значень.

3.1. Визначення значення середньої гармонійної:

$$\bar{x}_{\text{гарм}} = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{x_i}} = \frac{n}{\frac{1}{x_1} + \frac{1}{x_2} + \dots + \frac{1}{x_n}} \quad (3.1)$$

3.2. Визначення значення середньої геометричної:

$$\bar{x}_{\text{геом}} = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n x_i} = \sqrt[n]{x_1 \cdot x_2 \cdot \dots \cdot x_n} \quad (3.2)$$

3.3. Визначення значення середньої арифметичної:

$$\bar{x}_{\text{ар}} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (3.3)$$

3.4. Визначення значення середньої квадратичної:

$$\bar{x}_{\text{кв}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n}} = \sqrt{\frac{x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2}{n}} \quad (3.4)$$

3.5. Співставити результати обчислень за властивістю мажоритарності середніх значень:

$$\bar{x}_{\text{гарм}} < \bar{x}_{\text{геом}} < \bar{x}_{\text{ар}} < \bar{x}_{\text{кв}} \quad (3.5)$$

4. Визначити абсолютну похибку вимірювання за формулою:

$$\Delta_i = |x_i - \bar{x}_{\text{ар}}| \quad (3.6)$$

5. Визначити відносну похибку вимірювання за формулою:

$$\delta_i = \frac{\Delta_i}{\bar{x}_{\text{ар}}} \times 100\% = \frac{|x_i - \bar{x}_{\text{ар}}|}{\bar{x}_{\text{ар}}} \times 100\% \quad (3.7)$$

6. Отримані результати розрахунків занести в таблицю 3.2.

7. Визначити середню відносну похибку вимірювання кожного з об'єктів за формулою середньої арифметичної:

$$\bar{\delta} = \frac{\sum_{i=1}^n \delta_i}{n} = \frac{\delta_1 + \delta_2 + \dots + \delta_n}{n} \quad (3.8)$$

Таблиця 3.2

## Результати обчислення середніх та похибок вимірювання

Середні значення вимірювання	Об'єкт 1		Об'єкт 2		Об'єкт 3	
	$\bar{x}_{гарм} = \dots\dots\dots$		$\bar{x}_{гарм} = \dots\dots\dots$		$\bar{x}_{гарм} = \dots\dots\dots$	
	$\bar{x}_{геом} = \dots\dots\dots$		$\bar{x}_{геом} = \dots\dots\dots$		$\bar{x}_{геом} = \dots\dots\dots$	
	$\bar{x}_{ар} = \dots\dots\dots$		$\bar{x}_{ар} = \dots\dots\dots$		$\bar{x}_{ар} = \dots\dots\dots$	
	$\bar{x}_{кв} = \dots\dots\dots$		$\bar{x}_{кв} = \dots\dots\dots$		$\bar{x}_{кв} = \dots\dots\dots$	
Повторюваність	$\Delta$	$\delta$	$\Delta$	$\delta$	$\Delta$	$\delta$
1						
n						

8. Результати вимірювання для кожного об'єкту подати у вигляді:

$$x = \bar{x} \pm \varepsilon \quad (3.9)$$

Де:

$$\varepsilon = \frac{1}{2} \times \frac{\bar{\delta}}{100} \times \bar{x} \quad (3.10)$$

9. Отримані результати обчислень занести в таблицю 3.3.

Таблиця 3.3

## Результати обчислень

Результат вимірювання	Об'єкт 1	Об'єкт 2	Об'єкт 3
$x = \bar{x} \pm \varepsilon$			

10. Зробити відповідні висновки та оформити звіт по лабораторній роботі.

### Лабораторна робота №4

#### УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

Метою аналізу даних є знання про об'єкт дослідження - виявлення корисної інформації, знайдення висновків, адекватне прийняття рішень. Аналіз даних може мати багато аспектів та підходів, реалізовуватися за допомогою різних інструментів - в тому числі математичних, статистичних, за допомогою різноманітних способів візуалізації, але головне завдання його - стиснення інформації.

Опрацьовуючи дані, часто необхідно працювати з масивами даних, що містять велику кількість спостережень. Тому потрібно застосовувати різні засоби для узагальнення, стиснення інформації для отримання коректних висновків (рис. ).

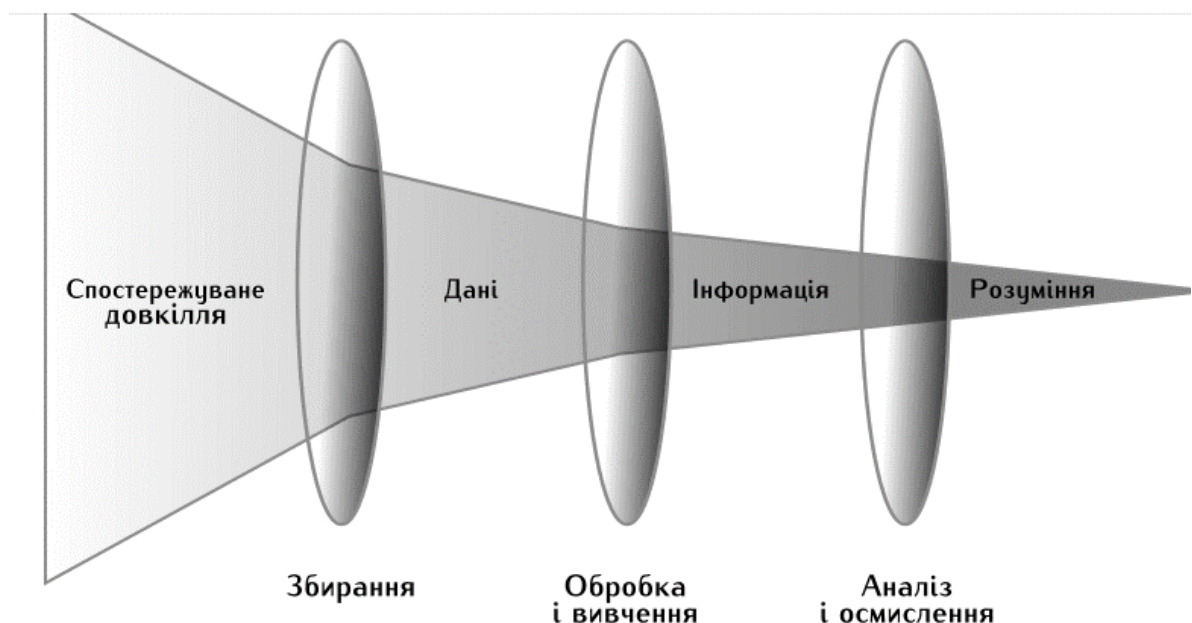


Рис. 4.1. Схема дослідження системи



Основи статистики та аналізу даних при досліджуванні системи.

Статистика являє собою строгий науковий метод, що дозволяє зрозуміти дані, дійти до їх суті. Наприклад, у дослідженні вимірюється вага 100 пацієнтів. Це уже достатньо велика кількість спостережень, і просто глянувши на дані неможливо отримати швидке інформативне уявлення. Однак статистика може дати миттєву загальну картину даних — на основі доступної для сприйняття візуалізації або числового узагальнення — незалежно від кількості спостережень чи одиниць даних. Окрім узагальнення даних, важливим завданням статистики є формулювання логічних висновків та передбачення залежностей між змінними.

Статистичні методи можуть бути використані для отримання відповідей на питання:

1. Якого типу дані і в якій кількості потрібно зібрати?
2. Як варто організувати та узагальнити дані?
3. Як ми можемо проаналізувати дані та дійти висновків?
4. Як ми можемо оцінити силу висновків та оцінити їхню непевність?

### 1. Міри центральної тенденції.

У статистиці, такі показники розподілу як **середнє**, **мода** та **медіана** - називають мірами центральної тенденції. Вони показують загальні характеристики розподілу даних за певною змінною, дозволяють виявити одне значення (або кілька значень — якщо мода в розподілі не одна), що описує весь розподіл. Можна також сказати, що середнє, мода та медіана — це окремі значення що представляють весь набір даних, типові для всіх значень у групі.

Міри центральної тенденції потрібні з наступних міркувань:

1. Щоб отримати загальну картину розподілу. Ми не можемо запам'ятати кожен факт, що стосується сфери дослідження.
2. Щоб отримати чітку картину щодо досліджуваної сфери для розуміння та отримання потрібних висновків.
3. Щоб отримати чіткий опис групи в цілому та мати змогу порівнювати дві або більше груп у термінах типової «поведінки».

## 2. Середнє (Mean).

Найвідомішою мірою центральної тенденції — і найбільш вживаною є середнє, або ж просте середнє, або ж арифметичне середнє (arithmetic mean) — просто середнє значення ряду даних.

Для його обчислення досить скласти разом всі значення в розподілі, і поділити на кількість спостережень

Є певні загальні правила для використання середнього, зокрема:

1. Середнє — це «центр тяжіння» розподілу, і кожне значення дає внесок у визначення середнього значення, коли поширення значень є симетричними довкола центральної точки.
2. Середнє значення більш стабільне, ніж медіана чи мода. Тому, коли потрібно знайти найбільш стабільну міру центральної тенденції, використовують середнє.

*Переваги середнього значення:*

1. Середнє визначене дуже жорстко, тому не виникає питань чи нерозуміння щодо його значення та суті.
2. Це найбільш поширена міра центральної тенденції, оскільки її легко зрозуміти.
3. Середнє легко підрахувати.
4. Враховує всі значення розподілу.

*Обмеження чи недоліки середнього:*

1. На значення середнього впливають екстремальні значення (відомий іронічний жарт про «середню температуру по лікарні»).
2. Часом середнім є значення, що не присутнє в розподілі.
3. Часом результатом можуть бути абсурдні значення.

## 3. Медіана (Median)

Медіану можна визначити як точку на ряді розподілу (впорядкований набір значень змінної для різних спостережень — наприклад від найменшого до найбільшого значення) — до цієї точки розташовано половина всіх значень,

і після цієї точки теж половина значень. Тобто, медіана, це значення, що ділить впорядкований ряд навпіл. Якщо кількість значень непарна, то береться одне зі значень — те, що стоїть у розподілі рівно по центру. Коли значень парна кількість, то беруть два центральні значення, і знаходять їхнє середнє.

Для чого використовують медіану?

1. Коли потрібно знайти точну середню точку, точку на «півдорозі» від найменшого значення до найбільшого.
2. Коли екстремальні значення впливають на середнє — медіана є найкращою мірою центральної тенденції.
3. Медіану використовують коли потрібно, щоб певні значення впливали на центральну тенденцію, але все, що про них відомо — що вони «нижче» або «вище» медіани

*Переваги медіани:*

1. Легко вирахувати та зрозуміти.
2. Для підрахунку медіани не потрібні всі значення в розподілі.
3. Екстремальні значення розподілу не впливають на медіану.
4. Її можна визначити і для «відкритих» категорій / класів інтервалів.

*Обмеження медіани:*

1. Вона не так жорстко визначена як середнє, оскільки її значення не так вираховується, як знаходиться (серед значень в розподілі).
2. Не враховує всі спостереження (значення для всіх спостережень).
3. З медіаною потім не можна робити алгебраїчні перетворення так, як із середнім.
4. Потребує впорядкування значень або класів інтервалів у висхідному чи спадному порядку.
5. Часом медіаною може бути значення, не присутнє у самому розподілі.

#### **4. Мода (Mode)**

Третя міра центральної тенденції - це мода - значення, що найчастіше зустрічається в розподілі. Як правило, вона представляє найбільш типове

значення. На моду ніколи не впливають екстремальні значення в розподілі, а впливають – екстремальні частоти значень, наскільки часто те чи інше значення змінної зустрічається в розподілі.

*Мода використовується:*

1. Коли нам необхідно швидка і приблизна міра центральної тенденції.
2. Коли потрібна міра центральної тенденції, що має бути типовим значенням.

*Переваги моди:*

1. Мода показує найбільш поширене значення в розподілі.
2. На моду не впливають екстремальні значення – так як на середнє.
3. Моду можна визначити для відкритих інтервалів / категорій.
4. Допомогає аналізувати якісні дані.
5. Моду можна виявити просто побудувавши графік розподілу чи стовпчасту діаграму.

*Обмеження:*

1. Не включає до визначення / розрахунку всі спостереження розподілу, а лише концентрацію частот.
2. Подальші алгебраїчні перетворення неможливі – на відміну від середнього.
3. Буває важко визначити моду у випадку багатомодального чи бімодального розподілу

Розподіл може мати більше двох популярних значень, але якщо має більше ніж трьох мод, опис такого розподілу в термінах найбільш частих значень може втрачати будь-який сенс.

## **5. Нормальний розподіл (Normal distribution)**

Розподіл у якому всі три міри центральної тенденції збігаються – тобто середнє дорівнює медіані і дорівнює моді, називається нормальним.

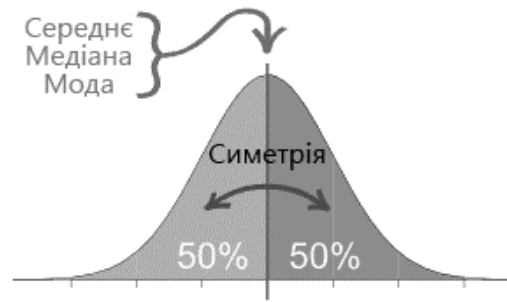


Рис. 4.2. Нормальний розподіл

В нормальному розподілі середнє, мода і медіана збігаються. Його також називають розподілом Гауса або «дзвоноподібним» (bell-shaped curve) – адже графік нормального розподілу подібний на форму дзвона у профіль.

Нормальний розподіл – найбільш відомий з усіх розподілів, і його застосовують для аналізу найчастіше за інші. У нормальному розподілі, більша частина значень даних має тенденцію до групування, «кластеризації» довкола середнього значення. Чим далі значення від середнього – тим менша ймовірність його появи. Звичайно, розподіли в реальному житті абсолютно точно не відповідають нормальному.

Значення у розподілі також ділять по осі  $X$  за *стандартними відхиленнями* (standard deviations). Стандартне відхилення використовується як індикатор того, наскільки «розкиданими» відносно середнього є значення певної змінної в наборі даних, і вимірюється в тих же одиницях виміру, що й змінна, розподіл. Важливо знати, що в нормальному розподілі 68% значень знаходяться в межах одного стандартного відхилення від середнього (тобто  $\pm 1$  стандартне відхилення). При цьому, 95% значень – в межах двох стандартних відхилень від середнього, а 99.7% – в межах трьох стандартних відхилень.

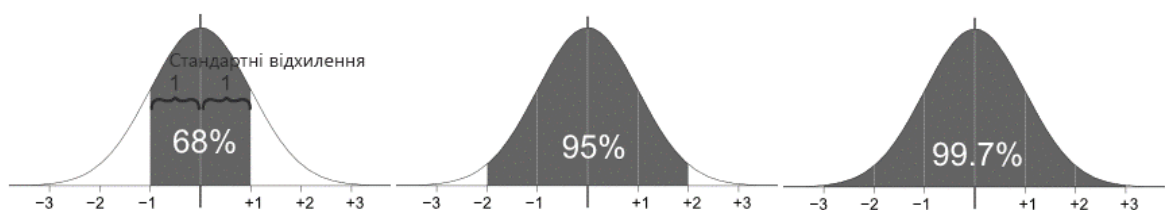


Рис. 4.3. Стандартне відхилення

## 6. Дисперсія і стандартне відхилення.

Дисперсія є мірою відхилення значень випадкової величини від центру розподілу (середнього). Більші значення дисперсії свідчать про більші відхилення значень випадкової величини від центру розподілу. Дисперсія підраховується як середнє квадратів різниці значень розподілу і середнього розподілу. Тобто, спочатку виявляємо середнє розподілу, потім від кожного значення віднімаємо значення середнього, підносимо його у квадратний ступінь, для всіх цих квадратів вираховуємо середнє. Для того, щоб отримати стандартне відхилення, що вимірюється в тих же одиницях, що й значення змінної, яку ми спостерігаємо, береться квадратний корінь з дисперсії.

Міри розкиду – такі як дисперсія і стандартне відхилення – дають нам розуміння, наскільки добре, наприклад, середнє представляє весь набір даних. Якщо розкид значень у розподілі великий, то середнє не є таким репрезентативним, ніж якщо розкид даних малий. Тобто, великий розкид даних означає, що, ймовірно, є великі відмінності між значеннями.

## 7. Бімодальні розподіли.

Важливо також мати на увазі, що окрім нормальних розподілів, виміряні суспільні явища можуть утворювати й інші розподіли – наприклад бімодальні, тобто у яких є не одна мода («найпопулярніше» значення), а дві (або й більше – хоча вважають, більше трьох мод у розподілі не мають сенсу для аналізу). Тобто, два піки у бімодальному розподілі також представляють два локальних максимуми.

## 8. Квартилі.

Квартилі ділять розподіл даних на чотири рівні частини. Значення, які ділять ряд розподілу, називаються першим (Q1), другим (Q2) і третім квартилям (Q3). Значення другого квартиля відповідає значенню медіани – оскільки рівно 50% значень знаходяться до другого квартиля і 50% значень –

після другого квартиля. Перший квартиль – це значення, що знаходиться посередині між найменшим значенням і другим квартилем.

Квартилі – це корисний інструмент виміру розкиду, оскільки вони набагато менше залежні від екстремальних значень чи перекосу в наборі даних, аніж середнє та стандартне відхилення. Тому інформацію про квартилі часто подають разом із медіаною (як міри розкиду та центральної тенденції) – у випадку роботи з масивами даних, де є суттєві перекоси або екстремальні значення. Часто квартилі подають у вигляді міжквартильного розмаху – як різницю між третім і першим квартилями.

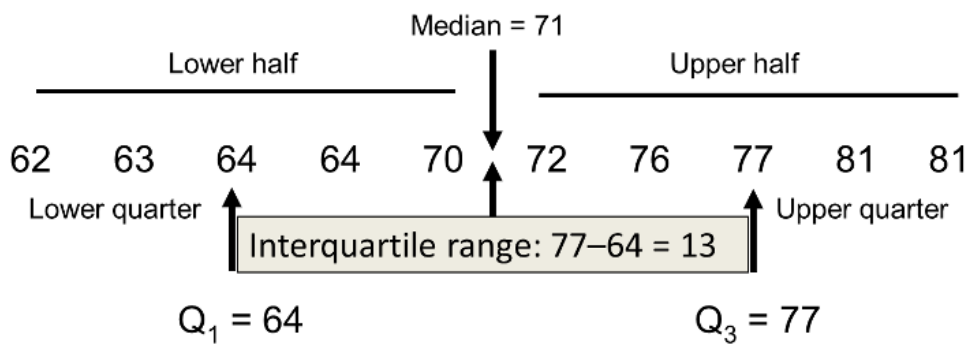


Рис. 4.4. Квартилі

## 9. Підсумок з п'яти значень.

**Підсумок з п'яти значень** – це вид описової статистики, що надає інформацію про набір спостережень, і, як видно із самої назви – складається із п'яти важливих показників:

1. Мінімальне значення в спостереженні;
2. Перший (або нижній) квартиль;
3. Медіана (серединне значення);
4. Третій (або верхній) квартиль;
5. Максимальне значення.

Ці п'ять показників дають досить вичерпний підсумок розподілу спостережень. Перевага наявності цих п'яти показників, зокрема, у тому, що

не потрібно вирішувати, яка ж підсумкова статистика буде найбільш прийнятною для аналізу розподілу. Так, п'ять показників дають інформацію про центральну тенденцію (медіана), розмах (квартилі) і діапазон (мінімальне та максимальне значення).

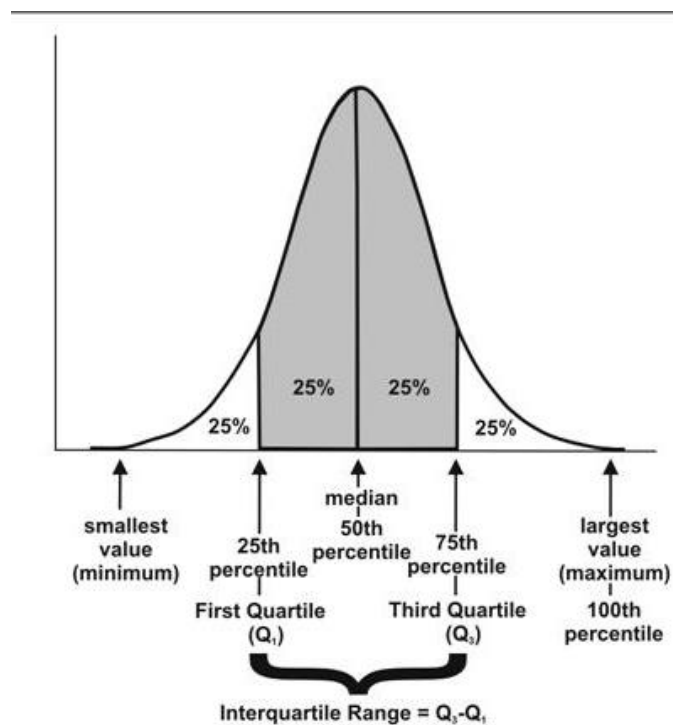


Рис. 4.5. Підсумок з п'яти значень

### *Контрольні запитання*

1. Яка мета аналізу даних?
2. Що називають мірами центральної тенденції?
3. Що таке середнє значення? Які переваги та недоліки застосування?
4. Що таке медіана?
5. Що таке мода?
6. Що таке нормальний розподіл?
7. Що таке дисперсія і стандартне відхилення?
8. Що таке біноміальний розподіл? Наведіть приклад.
9. Що таке квартиль?
10. Що таке підсумок з п'яти значень в описовій статистиці?



## Лабораторна робота №5

### ВИЗНАЧЕННЯ МІРИ ЦЕНТРАЛЬНОЇ ТЕНДЕНЦІЇ

Метою роботи визначити міри центральної тенденції для виявлення загальних характеристик розподілу даних за певною змінною, що описує весь розподіл.

#### Хід виконання роботи:

**1. За результатами попередніх вимірювань визначити міри центральної тенденції:**

- середнє значення (центр тяжіння);
- мода;
- медіана.

1.1. Визначити середнє значення (центр тяжіння) числового ряду за формулою:

$$\bar{x}_{ap} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (5.1)$$

1.2. Визначити медіану числового ряду.

Встановити числовий ряд в порядку зростання чи спадання. Розрахувати моду дискретного числового ряду за формулою:

$$Me = \frac{x_3 + x_4}{2} \quad (5.2)$$

Якщо  $x_3 + x_4$  – середні члени числового ряду.

1.2. Визначити моду числового значення. Встановити, чи є числовий ряд мультимодальним.

1.3. Порівняти значення середнього, медіани і моди. Дані занести в таблицю 5.1.

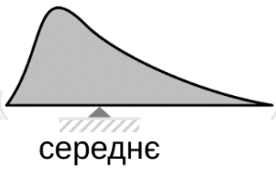

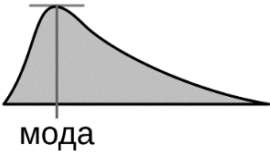
1.3. За результатами розрахунків мір центральної тенденції встановити чи відповідають розрахунки нормальному розподілу даних.

**2. Визначити дисперсію і стандартне відхилення числового ряду.**

Міри розкиду – такі як дисперсія і стандартне відхилення – дають нам розуміння, наскільки добре, наприклад, середнє представляє весь набір даних. Якщо розкид значень у розподілі великий, то середнє не є таким репрезентативним, ніж якщо розкид даних малий. Тобто, великий розкид даних означає, що, ймовірно, є великі відмінності між значеннями.

Таблиця 5.1

## Результати розрахунків

Середнє арифметичне		
Медіана		
Мода		

2.1. Дисперсію визначити за формулою:

$$D = \frac{\sum_1^n (x_i - x_{cp})^2}{n} \quad (5.3)$$

2.2. За формулою 5.4 визначити стандартне відхилення:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_1^n (x_i - x_{cp})^2}{n}} \quad (5.4)$$

**3. Визначити варіаційний розмах числового ряду.**

$$R = R_{max} - R_{min} \quad (5.5)$$

#### 4. Зробити відповідні висновки та оформити звіт по лабораторній роботі.

*Контрольні запитання.*

1. Що показують міри центральної тенденції: середнє, мода, медіана?
2. Які переваги та недоліки середнього значення?
3. Для чого використовують медіану?
4. Які переваги та обмеження медіани?
5. Коли використовується мода?
6. Які значення ніколи не впливають на моду?
7. Які переваги та обмеження моди?
8. Що таке стандартне відхилення? Для чого воно використовується?

#### **Лабораторна робота №6**

#### **ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ**

Мета роботи: здобути практичні навички із встановлення параметрів системи.

#### *Теоретична частина*

Системні ознаки мають певні властивості. Властивість – це категорія, що полягає з поняття предмета й відносини. Властивість – це функція односторонньої характеристики системи (предикат). Властивості мають не тільки виходи системи, але й входи. Аналогічно властивості мають і внутрішні зв'язки системи. Тому, виміряти параметри системи можливо за допомогою показників кількості та якості.

Показники якості – це ті, які, характеризуються певним рівнем (наприклад, високо – низько, добре – погано, пекуче – холодно). Якісні характеристики не можна розрахувати по певних формулах або обчислити. Їм можна дати лише логічну або абстрактну оцінку.

Для того, щоб вирішувати дослідницькі завдання, необхідно перейти від показників якості до кількості. Рівень якісної характеристики може стати кількісною характеристикою, якщо ввести певні шкали. Показники кількості системних параметрів поділяються на прості, складні і структурні. До простих відносяться середнє арифметичне, гармонічне і геометричне. До складних відноситься середнє арифметичне зважене. До структурних відносяться мода і медіана.

### *Хід виконання роботи*

#### **1. Розрахувати середнє зважене значення варіаційного ряду з урахуванням інтервалу розподілу.**

Розрахувати середнє зважене значення варіаційного ряду з урахуванням інтервалу розподілу.

$$X_{\text{середньозважене}} = \frac{\sum_1^n x_j \cdot m_{xj}}{\sum_1^n m_{xj}} \quad (6.1)$$

$$Y_{\text{середньозважене}} = \frac{\sum_1^n y_j \cdot m_{yj}}{\sum_1^n m_{yj}} \quad (6.2)$$

Де,  $m_{xj}$ ,  $m_{yj}$  - величина інтервалів з урахуванням значення варіаційного ряду.

Величину інтервалів з урахуванням значення варіаційного ряду розраховуємо за формулою:

$$m_{xj} = \left( \frac{i_x}{2} \cdot x_j \right) \quad (6.3)$$

$$m_{yj} = \left( \frac{i_y}{2} \cdot y_j \right) \quad (6.4)$$

Де  $i_x, i_y$  - величина інтервалу з урахуванням розмаху варіації відповідно вхідного і вихідного параметру системи.

Величину інтервалу розрахувати за формулою:

$$i_x = \frac{x_{max} - x_{min}}{n} \quad (6.5)$$

$$i_y = \frac{y_{max} - y_{min}}{n} \quad (6.6)$$

Де  $X_{max}, Y_{max}$  - максимальні значення в варіаційному ряді відповідно вхідного і вихідного параметра системи;

$X_{min}, Y_{min}$  - мінімальні значення в варіаційному ряді відповідно вхідного і вихідного параметра системи.

## 2. Визначити моду і медіану у варіаційному ряді.

Варіаційний ряд складається з чисел, які отримані з таблиці 5.2 після перетворення згідно з варіантом. Для визначення медіани варіаційний ряд слід відкоригувати з урахуванням параметрів  $i_x, i_y$  і середньозваженого відхилення.

Значення медіани  $x_j, y_j$  у відповідно вхідного і вихідного параметра системи відповідного стану  $n$  у варіаційному ряді визначається за формулою:

$$M_x = X_{\text{середньозважене}} + i_x + \frac{(x_H - x_M) \cdot (X_{\text{середньозважене}} - x_M)}{x_H - x_M} \quad (6.7)$$

$$M_y = Y_{\text{середньозважене}} + i_y + \frac{(y_H - y_M) \cdot (Y_{\text{середньозважене}} - y_M)}{y_H - y_M} \quad (6.8)$$

$M_x, M_y$  - медіана.

$x_n, y_n$  - максимальне значення  $x, y$  що, знаходиться попереду або після медіанного інтервалу (стан системи №5) в варіаційному ряді;

$x_m, y_m$  - мінімальне значення  $x, y$  що, знаходиться попереду або після медіанного інтервалу (стан системи №5) в варіаційному ряді.

## 3. Оформити результати роботи у вигляді звіту. Зробити висновки.

*Контрольні запитання:*

1. *Що таке показники якості системи?*
2. *Що таке показники кількості системи?*
3. *Як взаємопов'язані між собою показники кількості та якості?*
4. *Які значення середніх відносять до простих показників кількості?*
5. *Які значення середніх відносять до складних показників кількості?*
6. *Які значення відносять до структурних показників кількості?*

### **Лабораторна робота 7**

#### **ПРЕДСТАВЛЕННЯ ДАНИХ МЕТОДОМ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ**

Мета роботи – аналіз та застосування різних способів представлення даних до кінцевого споживача інформації.

#### **Теоретична частина.**

Для зберігання і подальшого оброблення інформації найчастіше ми використовуємо табличні форми. Проте уже на етапі аналізу отриманих даних нам необхідно перейти до застосування графічних методів представлення даних: діаграми, графіки, гістограми, стовпчасті діаграми тощо.

Слід відмітити, що застосування графічної форми полегшує сприйняття загальної інформації як цілого, Саме з допомогою візуалізації ми маємо обрати саме те представлення, яке найкраще буде висвітлювати інформацію, закономірності та в процесі кінцевої візуалізації ми (як правило) наперед знаємо, на що варто звернути увагу, ілюструючи певний набір даних, а не відображаючи його.

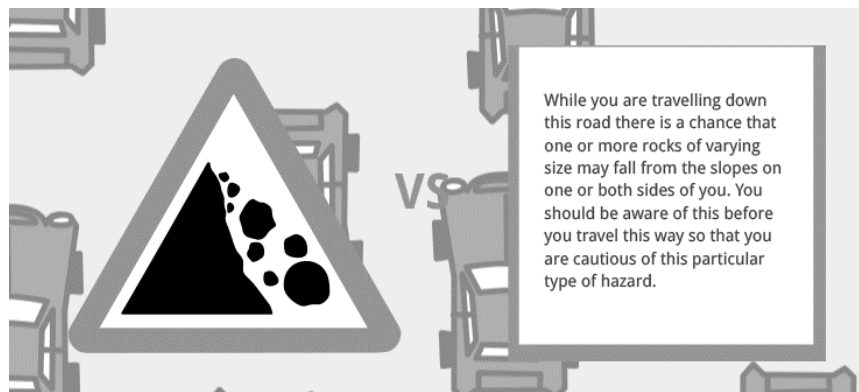
Отже, візуалізація – це графічна презентація інформації, що допомагає у процесі загального аналізу даних дозволяє помітити особливості, тенденції, аномалії тощо.

Візуальна інформація краще сприймається і дозволяє швидко і ефективно донести до глядача власні думки та ідеї. Фізіологічно, сприйняття

візуальної інформації є основною для людини. Є численні дослідження, які підтверджують, що:

- 90% інформації людина сприймає через зір
- 70% сенсорних рецепторів знаходяться в очах
- близько половини нейронів головного мозку людини задіяні в обробці візуальної інформації
- на 19% менше при роботі з візуальними даними використовується когнітивна функція мозку, що відповідає за обробку та аналіз інформації
- на 17% вище продуктивність людини, що працює з візуальною інформацією
- на 4,5% краще згадуються докладні деталі візуальної інформації
- в 60 000 разів швидше сприймається візуальна інформація в порівнянні з текстовою

За результатами наукових досліджень доведено, що продуктивність праці людини, яка використовує візуальну інформацію, на 17 % вища (рис. 7.1).



*Рис. 7.1. Приклад застосування візуалізації в сфері транспортних технологій  
(<https://neomam.com/interactive/13reasons>)*

Успіх візуалізації безпосередньо залежить від правильності її застосування, а саме від вибору типу графіка, його вірного використання та оформлення. 60% успіху візуалізації залежить від вибору типу графіка, 30% – від його правильного використання та 10% – від його вірного оформлення (рис.7.2).

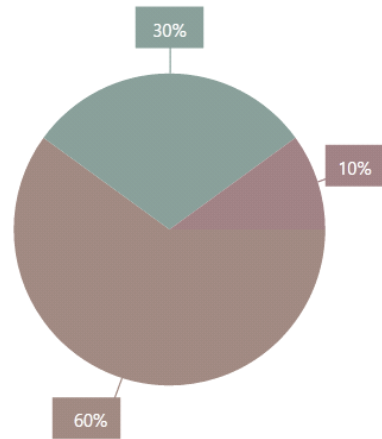


Рис. 7.2. Успіх застосування візуалізації

Слід відмітити, що візуалізація часто використовується у таких формах:

1. Статистика та звіти – для одночасної демонстрації даних за певний період.
2. Довідкова інформація – як додаток до основного тексту, що наглядно демонструє те, про що ідеться в тексті.
3. Ілюстрації – дублюють або доповнюють те, про що йде мова.

Цілі візуалізації – це реалізація основної ідеї інформації, це те, заради чого потрібно показати вибрані дані, якого ефекту потрібно досягнути – виявлення взаємозв'язків в інформації, відображення розподілу даних, композиції або порівняння даних.

Таблиця, як техніка візуалізації даних.

Для оптимізації певної структури даних можна розглядати таблиці, як один із способів візуалізації даних. Побудована належним чином таблиця може достатньо ефективно доносити інформацію про певні властивості даних.

Основні вимоги до таблиць:

- 1) таблиця має мати назву із основним акцентом на інформацію, яку вона містить;
- 2) одиниці виміру в заголовку чи заголовкових комірках у шапці чи боковику, а в комірках мають міститися лише значення;
- 3) Об'єднані комірki в шапці чи боковику мають відбивати структуру даних;



4) Таблиця не має бути переускладненою чи містити великий масив даних. Краще подати декілька простих табличок, а якщо неможливо уникнути значного розміру таблиці, слід дублювати шапку на кожній сторінці і вводити елементи візуального структурування, наприклад, підзаголовки в об'єднаних рядках;

5) Комірки не зобов'язані містити цифри чи слова - таблиця може бути носієм простих діаграм, графіків і гістограм, крім того, використання піктограм в таблиці може пришвидшити її сприйняття.

Застосування гістограм.

Гістограма (рис. 7.3) показує розподіл значень в множині об'єктів. На одній осі, як правило, горизонтальній, ми відкладаємо значення, а на вертикальній - показуємо, скільком об'єктам у множині воно відповідає. Оскільки кількість об'єктів — натуральне число, гістограми завжди будують від нуля. За виглядом гістограми можуть бути стовпчастими або лінійними, що зближає їх із стовпчастими та лінійними діаграмами.

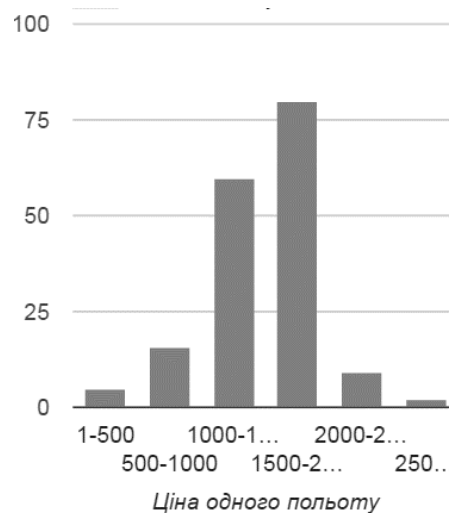


Рис. 7.3. Приклад застосування гістограми

Стовпчасті діаграми.

Звичайній стовпчастій діаграмі (рис. 7.4), призначеній для порівняння кількох значень, значуща лише одна вісь, а вздовж іншої розташовано

стовпчики зручної для сприйняття ширини, висота яких кодує значення. Стовпчасті діаграми часто будують не від нуля.

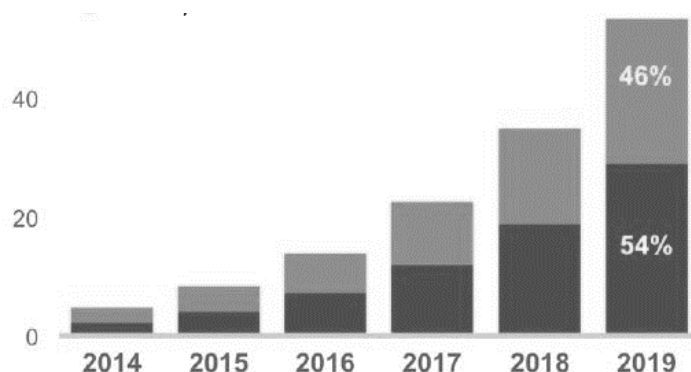


Рис. 7.4. Приклад стовпчастої діаграми

#### Лінійні діаграми (графіки)

Якщо точок дуже багато і тенденція чітка, лишається власне лінія, і це називається лінійною діаграмою (7.5). В лінійних діаграмах можна поєднувати декілька ліній, що дуже зручно для порівняння параметрів кількох подібних об'єктів. Кодування ліній виконується кольором або різними пунктирами. Але важливо не перевантажувати діаграму — для більше ніж чотирьох ліній краще сприйматиметься кілька менших графіків, поданих поруч в одному масштабі.



Рис. 7.5. Приклади застосування лінійних діаграм

Важливо правильно вибрати тип графіка використати його. Не доцільно нагромаджувати графіки великою кількістю інформації (рис.7.6). Оптимальна кількість типів даних має становити 4-6. В іншому разі краще розділити їх на декілька штук.

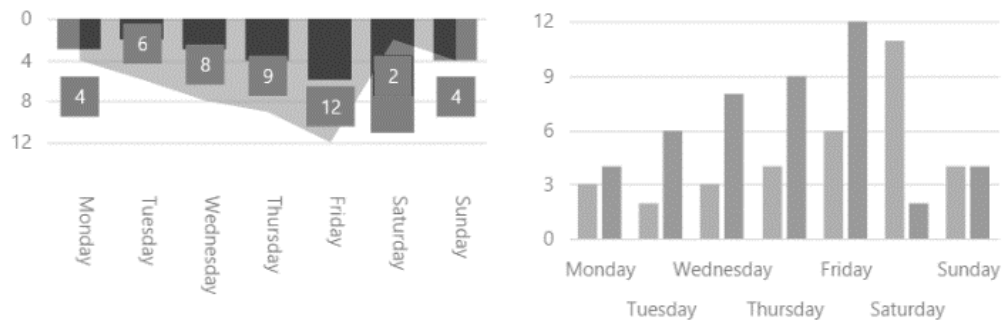


Рис. 7.6. Приклад неправильного застосування графіку (вигляд зліва) і його правильної візуальної подачі

Допоміжні лінії на графіку не повинні відволікати увагу від основної ідеї даних:

- там, де можливо, використовувати тільки горизонтальні написи на осях;
- для графіків з областями варто використовувати колір з прозорістю;
- для кожної категорії на графіку використовувати свій колір;
- для кругових діаграм і графіків, де показаний відсоток від загальної частки, сума значень завжди повинна становити 100%;
- для кращого сприйняття даних інформацію на осі краще впорядкувати – або за значеннями, або за алфавітом, або по логічному змістом.

Візуалізація – потужний інструмент донесення думок та ідей до кінцевого споживача, помічник для сприйняття та аналізу даних. Але як і всі інструменти, її потрібно застосовувати в свій час і в своєму місці. В іншому випадку інформація може сприйматися повільно, а то і некоректно.

Хід виконання роботи

1. Відповідно до отриманого завдання подати наведену інформацію, застосовуючи різні методи візуалізації.

2. Звіт з лабораторної роботи подати у вигляді презентації Microsoft Power Point.

#### *Питання для контролю*

1. *Що таке візуалізація даних? Де вона застосовується?*
2. *В чому полягає успіх застосування візуалізації? Наведіть приклад.*
3. *Які цілі застосування візуалізації?*
4. *Які види візуалізації даних вам відомі?*
5. *Наведіть плюси та мінуси використання таблиць.*
6. *В чому особливість застосування гістограм?*
7. *В чому особливість застосування стовпчастих та лінійних діаграм.*
8. *Наведіть основні вимоги до правильного використання візуалізації.*

### **Лабораторна робота № 8**

#### **РОЗРОБКА ШКАЛИ (ІНДИКАТОРА) ПРИЛАДУ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

Мета: вивчення інженерно-ергономічних вимог до візуальних індикаторів приладів та розробка оптимальної моделі шкали приладу

#### Загальні відомості

При проектуванні засобів відображення інформації (ЗВІ) необхідно пам'ятати, що одним із найважливіших етапів діяльності людини-оператора (експериментатора) є сприйняття та опрацювання числової інформації. У зв'язку з цим до індикаторів ЗВІ ставляться надзвичайно високі вимоги за різними ознаками. Як правило ЗВІ використовують з однією або декількома цілями: для зчитування кількісних, якісних показників; для контролю за цими показниками; для установки регульованого параметру тощо.

Будь-які ЗВІ мають задовольняти такі інженерно-ергономічні вимоги:

1. ЗВІ мають забезпечувати працівника необхідною та достатньою інформацією для оцінки ситуації і можливості прийняття правильного рішення, а також контролю за його виконанням;

2. Інформація має бути надана в той момент, коли в ній виникає необхідність;

3. Форма надання інформації має відповідати психофізичним можливостям людини за сприйняттям, специфікою його роботи, кваліфікацією, умовами роботи тощо;

4. Отримувана інформація має правильно відображати положення і стан вимірюваного (контрольованого, керованого) об'єкту, надаватися із запасом часу, який має бути достатнім для обробки наданої інформації;

5. ЗВІ мають надавати оператору і додаткову інформацію (за його запитом), а також забезпечувати надійне сприйняття аварійних сигналів;

6. Потік інформації від ЗВІ має бути меншим за пропускну здатність оператора (екзаменатора).

Різні типи візуальних індикаторів оцінюють, а отже і проектують, по різному.

*А. Індикатори числового типу (індикатори кількісної інформації, лічильники).* При інженерно-ергономічній оцінці необхідно враховувати кількість і розташування цифр індикатора, розділення багатозначних чисел, контрастність їх сприйняття.

Числові лічильники та індикатори застосовують для швидких і точних відліків. Кількість значущих цифр в числі має відповідати точності приладу. В індикаційному вікні ЗВІ одночасно має з'являтися не більше однієї цифри (числа). Індикаційне вікно має бути розташованим перпендикулярно до лінії спостереження. Якщо за умовами роботи (експерименту) необхідно зчитувати понад чотири цифри, то має бути врахована та обставина, що багатозначні числа легше сприймаються і зчитуються, якщо вони поділені на групи (наприклад, розділені комами або крапками). Контраст поміж цифрами та оточуючим фоном має бути максимальним. Чорні цифри на білому фоні за нормальних умов освітлення забезпечують найчіткіше їх бачення. Співвідношення висоти цифри до її ширини має становити 2:1. Проміжки (інтервали) поміж цифрами не повинні перевищувати  $\frac{1}{2}$  висоти цифри.

Числові індикатори мають бути орієнтованими так, аби їх показання зчитувались зліва направо.

Б. Індикатори аналогового типу (стрілочні індикатори). При проектуванні таких індикаторів враховуються форма, розміри, оцифровка шкали, форма стрілки, відстань між стрілкою та поділками шкали, яскравість та контраст, обсяг потоку інформації від індикатора тощо.

Точність та швидкість зчитування показань залежить від форми шкали. За формою шкали індикатори бувають: септорні (розмах шкали – до  $180^\circ$ ), кругові (розмах шкали – понад  $180^\circ$ ) та лінійні (вертикальні або горизонтальні). Точність зчитування з різних шкал визначена таким рядом: кругова → септорна → лінійна горизонтальна → лінійна вертикальна. Точність зчитування залежить від діаметра шкали та відстані до ока експериментатора (оператора) і визначається кутовим розміром  $3^\circ \dots 5^\circ$ . Кількість поділок шкали має не перевищувати мінімально необхідної для забезпечення заданої точності відліку. Ціна найменшої поділки має дорівнювати двократному значенню основної погрішності приладу. По ділки мають бути розташовані на відстані до 1мм одна від одної. Однак ця відстань має бути не меншою за подвоєну ширину світлого штриха на темному фоні і не меншою за ширину темного штриха на світлому фоні. Кутовий розмір між сусідніми основними поділками має бути більшим за  $1^\circ$ . Кількість градуйованих поділок між оцифрованими поділками шкали не повинна перевищувати дев'яти. Ціна поділки має обиратись з ряду:  $1 \times 10$ ;  $2 \times 10$ ;  $5 \times 10$ . рекомендується встановлювати стрілку таким чином, аби вона як при переміщенні, так і в нерухомому стані була по можливості найближче до поділок, однак не закривала оцифровку. Найбільша точність аналогового індикатора приладу визначається в діапазоні від  $\frac{1}{2}$  до  $\frac{3}{4}$  загальної довжини шкали. Точність та швидкість зчитування показань аналогового приладу залежить і від форми стрілки – клиноподібна стрілка має найбільше переваг у порівнянні з іншими типами стрілок.

Хід виконання роботи:

1. У відповідності до визначеного параметру та умов вимірювання обрати межі вимірювання та точність індикації параметру.

2. Керуючись розділом «Загальні відомості» та даними щодо надійності роботи від людини-оператора (експериментатора) з різними типами індикаторів (шкал), наведеними в таблиці 8.1, визначити основні інженерно-ергономічні показники проектованого індикатора приладу.

3. Спроекувати аналоговий та цифровий індикатори приладу у вигляді макету або технічного рисунку в обраному масштабі і навести його у звіті по лабораторній роботі.

Таблиця 8.1.

Дані з надійності роботи людини-оператора (експериментатора) з різними типами індикаторів приладів

Параметр	Рівень надійності
<b>1. Кругові шкали</b>	
Діаметр шкали, мм:	
- до 25	0,9996
- 25...70	0,9997
- понад 70	0,9993
Тип шкали:	
- рухома шкала	0,9966
- рухома стрілка	0,9970
- з кольоровим кодом	0,9999
Тип вказівки:	
- нуль на початку відліку або горизонтальна смуга	0,9990
- трикутна або вертикальна позначка на початку відліку	0,9987
Відстань між позначками, мм:	
- менше за 1,27	0,9975
- 1,27...6,4	0,9986
- понад 6,4	0,9996
Масштаб шкали:	
- 1:1	0,9999
- 1:5	0,9991
- 1:10	0,9980

Кількість одиниць на шкалі:	
- 50...100	0,9996
- 200	0,9984
- 400	0,9962
- 600	0,9952
Кількість шкал та масштабів:	
- 1 або 2x1	0,9990
- 2x2; 2x4; 4x4	0,9997
- 4x10; 6x4	0,9990
- 8x4; 9x5	0,9975
Зростання показань шкали:	
- справа наліво	0,9996
- зліва направо	0,9999

## 2. Лінійні шкали

Напрямок відліку за шкалою:	
- горизонтальні	0,9998
- вертикальні	0,9995
Відстань між позначками шкали, мм:	
- менше за 2,54	0,9975
- 2,54...6,4	0,9992
- понад 6,4	0,9982
Кількість поділок шкали:	
- 50...100	0,9998
- 200	0,9988
- 400	0,9999
Зростання показань шкали:	
- зліва направо (знизу доверху)	0,9998
- справа наліво (зверху донизу)	0,9992
Масштаби шкали:	
- 1:1 або 1:2	0,9999
- 1:5	0,9995
- 1:10	0,9985

## 3. Секторні шкали

Радіус, мм:	
- 12,7...19,0	0,9996
- 19,0...25,4	0,9997
- 25,4...50,8	0,9993
Тип шкали:	
- рухома стрілка	0,9981
- рухома шкала	0,9978



- кольорове або зональне кодування	0,9999
Довжина дуги шкали, град.: - 25 - 50...100 - 200	0,9937 0,9950 0,9964
Відстань поміж позначками шкали, мм: - менше за 1,27 - 1,27...2,54 - 2,54...12,7 - 12,...25,4 - 25,4...50,8	0,9965 0,9933 0,9955 0,9969 0,9962
Масштаби шкали: - 1:1 або 1:2 - 1:5 - 1:10	0,9999 0,9995 0,9985
Зростання показань шкали: - справа наліво - зліва направо	0,9996 0,9999
<b>4.Числові індикатори (лічильники)</b>	
Розмір (довжина), мм: - менше за 25,4 - 25,4...50,8 - більше за 50,8	0,9990 0,9998 0,9995
Кількість розрядів: - 1...3 - 4...5 - 5...7 - понад 7	0,9997 0,9993 0,9990 0,9985

4. Оформити результати роботи у вигляді звіту. Зробити висновки по лабораторній роботі.

Контрольні запитання:

4. Що таке інженерно-ергономічні вимоги до ЗВІ?
5. Які вимоги ЗВІ належать до інженерно-ергономічних? Наведіть перелік.
6. Що таке ергономіка?
7. Що таке індикатори числового типу?
8. Що таке індикатори аналогового типу?
9. Яка форма шкали у ЗВІ?
- 10.Що таке надійність роботи оператора?

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Системологія на транспорті: у 5 т. / Е. В. Гаврилов, М. Ф. Дмитриченко, В. К. Доля, та ін. – Київ: Знання України, 2005 р. – Т. 1. – 344 с. – ( Основи теорії систем і управління ).
2. Методичні вказівки до виконання практичних завдань з навчальної дисципліни «Основи теорії систем і управління» (для студентів 3 курсу денної та 3 курсу заочної форм навчання напряму підготовки 6.070101– Транспортні технології (за видами транспорту)) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : О. В. Прасоленко, І. О. Ткаченко, І. О. Толмачов. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. – 36 с.
3. Теорія транспортного потоку: методи та моделі організації дорожнього руху : навч.посіб. / В.П. Поліщук, О.П. Дзюба. – К. : Знання України, 2008. – 175 с.
4. Основи теорії систем і управління: підручник / Е.В. Гаврилов, М.Ф. Дмитриченко, В.К. Доля та ін. - К. : Знання України, 2005. – 344 с.
5. Шелудченко Л.С. Екологічна безпека автодорожньої мережі, як термодинамічної системи. *Тези доповідей XV міжнародної науково-практичної конференції “Проблеми екологічної безпеки”*. Кременчук: ПП Щербатих О.В., 2017. – С. 75.
6. Шелудченко Л.С., Шелудченко Б.А., Бахмат О.М. Моделювання і прогнозування динаміки природно-техногенних геоекосистем та ін. За ред. Б.А. Шелудченка. Кам’янець-Подільський: ТОВ “Каліграф”, 2017. – 216 с.