

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

ВСТУП ДО ФАХУ

Конспект лекцій
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
за спеціальностями 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології
та робототехніка», 175 «Інформаційно-вимірювальні технології»

Електронний ресурс

Рецензенти:

Н. С. Антоненко – кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматизації, метрології та енергоефективних технологій навчально-наукового інституту «Українська інженерно-педагогічна академія» ХНУ імені В. Н. Каразіна;

О. М. Черняк – кандидат технічних наук, доцент кафедри мехатроніки та електротехніки Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут».

*Затверджено до розміщення в мережі Інтернет рішенням Науково-методичної ради
Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна
(протокол № 11 від 25 червня 2025 року)*

Вступ до фаху : конспект лекцій для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за спеціальностями 174 «Автоматизація, комп’ютерно-інтегровані технології та робототехніка», 175 «Інформаційно-вимірювальні технології» [Електронний ресурс] / уклад. С. М. Артюх. – Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2025. – (PDF 58 с.)

Конспект лекцій підготовлено відповідно до вимог робочої програми дисципліни «Вступ до фаху» підготовки здобувачів першого (бакалаврського) рівня здобуття освіти спеціальностей 174 «Автоматизація, комп’ютерно-інтегровані технології та робототехніка», 175 «Інформаційно-вимірювальні технології». Призначено для здобувачів вищої освіти денної форми навчання.

УДК 621.317.08

© Харківський національний університет
імені В. Н. Каразіна, 2025
© Артюх С. М., уклад., 2025

ЗМІСТ

| | стор. |
|---|-------|
| Лекція 1. Інформаційні технології. Основні поняття та визначення | 4 |
| Лекція 2. Етапи розвитку інформаційних технологій | 7 |
| Лекція 3. Основні поняття кодування інформації. Системи числення | 12 |
| Лекція 4. Архітектура обчислювальних систем. Класифікація комп'ютерів | 14 |
| Лекція 5. Персональний комп'ютер та його основні складові | 16 |
| Лекція 6. Внутрішні запам'ятовуючі пристрої. Їх класифікація | 23 |
| Лекція 7. Основи теорії вимірювань | 26 |
| Лекція 8. Фізичні властивості і величини | 31 |
| Лекція 9. Шкали вимірювань | 35 |
| Лекція 10. Засоби вимірювання | 39 |
| Лекція 11. Похибки вимірювань | 43 |
| Лекція 12. Нормування похибок та класи точності засобів вимірювальної техніки | 49 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ | 57 |

ЛЕКЦІЯ 1

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ

Поняття інформації

Інформація (lat. *Informatio*) – знання, відомості, обізнаність. Це відомості про навколишній світ, його процеси та явища, які сприймаються людиною чи спеціальним пристроєм в різні способи за допомогою умовних сигналів, технічних засобів тощо.

Інформація – це поняття, що пов'язано з об'єктивною властивістю матеріальних об'єктів і явищ (процесів) породжувати різноманіття станів, які за допомогою взаємодії (фундаментальної взаємодії) передаються до інших об'єктів та відображаються в їх структурі. (В.М. Глушков, М.М. Амосов «Енциклопедія кібернетики», Київ. 1975 р.)

Поняття інформації є багатозначним, тому розглядають різні тлумачення:

В «кібернетичному» розумінні поняття інформації широко використовується в системі керуючого сигналу, який передається по лініях зв'язку.

У «філософському» розумінні інформація тісно пов'язана з такими поняттями як взаємодія, відображення.

В «ймовірному» розумінні під інформацією розуміють відомості про об'єкти та явища навколишнього середовища, їх параметри, властивості і стан, які зменшують наявну ступінь невизначеності та неповноти знань.

В «звичайному» розумінні, слово інформація застосовується як синонім інтуїтивно зрозумілих слів: відомості, значення, повідомлення, обізнаність.

Для людини це відомості, знання, повідомлення, які людина сприймає з навколишнього світу за допомогою органів чуття (зору, слуху, смаку, нюху, дотику).

Стосовно комп'ютерної обробки під *інформацією* розуміють певну послідовність символів (цифр, букв, звуків), що мають зміст і надані до/з комп'ютера у зрозумілому вигляді.

Класифікація за формою представлення.

- **Неперервна інформація.** Величина, яка характеризує неперервний у часі процес.
- **Дискретна інформація.** Послідовність символів, яка характеризує перервну величину яка змінюється.

Властивості інформації.

- **Об'єктивність.** Не залежить від обставин чи чиєїсь думки.
- **Достовірність.** Відображає справжній стан справ.
- **Повнота.** Має достатньо відомостей для розуміння і прийняття

рішення.

- **Актуальність.** Є важливою при роботі у постійно змінюючихся умовах.
- **Цінність** (корисність, значущість). Забезпечує вирішення поставленого завдання, потрібна для того, щоб приймати правильні рішення.
- **Зрозумілість** (ясність). Виражена мовою, яка є доступною для сприйняття.

Інформаційні ресурси – це ідеї людства та вказівки по їх реалізації. Це – книги, статті, різноманітна документація, інструкції веб-сайти тощо.

Носії інформації – це середовище або фізичне тіло для передачі, зберігання і відтворення інформації: електричні, світлові, теплові, звукові, радіо сигнали, магнітні й лазерні диски, друковані видання, фотографії тощо.

Інформаційні процеси - це процеси, які пов'язані з отриманням, зберіганням, обробкою та передачею інформації, в ході яких змінюється зміст інформації або форма її подання.

Для забезпечення інформаційного процесу необхідне джерело інформації, канал зв'язку і споживач інформації. Джерело передає (надсилає) інформацію, а приймач її отримує (сприймає). Інформація передається від джерела до приймача за допомогою сигналу (коду). Зміна сигналу дозволяє отримати інформацію.

Отже, **інформаційний процес** – це сукупність відомостей, які сприймають з навколишнього середовища (вхідна інформація), обробляються і/або зберігаються всередині певної системи (внутрішня інформація) та видаються до навколишнього середовища (вихідна інформація).

Інформаційна система – це взаємозв'язана сукупність засобів, методів і персоналу, що використовується для збереження, обробки та видачі інформації з метою вирішення конкретного завдання.

Основною ланкою інформаційної системи є комп'ютер або ЕОМ (Електронна Обчислювальна Машина).

Складовою частиною інформації є **дані**, які під час інформаційного процесу перетворюються з одного виду в інший за допомогою методів.

Основні операції над даними.

- **Збір даних.** Накопичення інформації з метою забезпечення достатньої повноти для прийняття рішень.
- **Формалізація даних.** Приведення даних, що надходять з різних джерел, до однакової форми, щоб зробити їх *сумірними* (який можна виміряти однаковою з будь-якою мірою; спільномірний) і підвищити рівень доступності.
- **Фільтрація даних.** Відсіювання «зайвих» даних, які не є важливими для прийняття рішень. Після фільтрації *достовірність* і *адекватність* даних повинні зростати.
- **Сортування даних.** Впорядкування даних за заданою ознакою з

метою зручності використання та підвищення доступності інформації.

- **Архівація даних.** Організація збереження даних в зручній та легкодоступній формі. Це потрібно для зниження економічних витрат на зберігання даних і підвищує загальну надійність інформаційного процесу в цілому.

- **Захист даних.** Комплекс заходів, що скеровані на запобігання втрат, відтворення та модифікації даних.

- **Транспортування даних.** Прийом та передача даних між віддаленими учасниками інформаційного процесу.

- **Перетворення даних.** Переведення даних з однієї форми в іншу або з однієї структури в іншу.

Робота з інформацією є доволі місткою, тому її прагнуть автоматизувати.

Інформаційні технології слово «технологія» є грецького походження від двох складових: «logos» - поняття, вчення, «techne» - мистецтво, майстерність, уміння, процес. Під процесом потрібно розуміти певну сукупність дій, які скеровані на досягнення поставленої мети. Процес повинен визначатися вибраною стратегією і реалізуватися за допомогою сукупності різних засобів і методів.

Під технологією матеріального виробництва розуміють процес, який визначається сукупністю засобів і методів обробки, виготовлення, зміни стану, властивостей, форми сировини або матеріалу. Технологія змінює якість або первинний стан матерії з метою отримання матеріального продукту.

Інформація є одним з найцінніших ресурсів суспільства поруч з традиційними матеріальними видами ресурсів, як нафта, метал, корисні копалини тощо, тому, процес переробки інформації, подібно до процесів переробки матеріальних ресурсів можна сприймати як технологію.

Інформаційна технологія передбачає вміння грамотно працювати з інформацією і обчислювальною технікою.

Інформаційна технологія – процес, що використовує сукупність засобів і методів збору, отримання, накопичення, зберігання, обробки, аналізу і передачі даних (первинної інформації) в організаційній структурі з використанням засобів обчислювальної техніки для отримання інформації нової якості про стан об'єкта, процесу або явища (інформаційного продукту)

Метою інформаційної технології є виробництво інформації для її аналізу та прийняття рішення для виконання певної дії.

Якщо застосовувати різні технології до одного матеріального ресурсу, можна отримати різні вироби, продукти. Це буде справедливим і для технології переробки інформації.

Поняття комп'ютерної інформаційної технології.

Інформаційна технологія є найбільш важливою складовою процесу використання інформаційних ресурсів суспільства. До теперішнього часу вона пройшла кілька еволюційних етапів, зміна яких визначалася розвитком

науково-технічного прогресу та появою нових технічних засобів переробки інформації.

Три основних принципи комп'ютерної інформаційної технології:

- **Інтерактивний** (діалоговий) режим роботи з комп'ютером.
- **Інтегрованість** (взаємозв'язок) з іншими програмними продуктами.
- **Гнучкість процесу зміни** як даних, так і постановки задачі.

В сучасному суспільстві основним технічним засобом технології переробки інформації є персональний комп'ютер, який істотно вплинув як на концепцію побудови і використання технологічних процесів, так і на якість результатної інформації. Впровадження персонального комп'ютера в інформаційну сферу і застосування телекомунікаційних засобів зв'язку визначили новий етап розвитку інформаційної технології і тепер поруч часто вживають: «нова», «комп'ютерна» або «сучасна».

Питання для самоконтролю

1. Що таке інформація?
2. Які властивості для інформації є важливими?
3. В якому вигляді може існувати інформація в природі?
4. Що розуміється під інформаційним процесом, інформаційною системою?
5. Що є основною ланкою інформаційної системи?
6. Які операції здійснюються з даними?
7. Який сенс вкладається в поняття «Інформаційна технологія»?

ЛЕКЦІЯ 2

ЕТАПИ РОЗВИТКУ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

1 етап (до другої половини XIX ст.). «Ручна» інформаційна технологія, інструментарій якої складали: перо, чорнильниця, книга. Комунікації здійснювалися в ручний спосіб або через пошту листів, пакетів, депеш. Основною метою було представлення інформації в потрібній формі.

2 етап (з кінця XIX ст.). «Механічна» технологія, інструментарій якої складали: пишуча машинка, телефон, диктофон та пошта, що оснащена більш довершеними засобами доставки. Основною метою було представлення інформації в потрібній формі більш зручними засобами.

3 етап (40-60 рр. XX ст.). «Електрична» технологія, інструментарій якої складали: великі ЕОМ і відповідне програмне забезпечення, електричні пишучі машинки, ксерокси, портативні диктофони. Акценти в інформаційній технології починають зміщатися з форми представлення інформації на формування її змісту.

4 етап (з початку 70-х рр.). «Електронна» технологія, основним

інструментарієм якої стають великі ЕОМ та інформаційно-обчислювальні системи, оснащені широким спектром базових і спеціалізованих програмних комплексів. Центр технології зміщується на формування змістовної сторони інформації для управлінського середовища різних сфер суспільного життя.

5 етап (з середини 80-х рр.). «Комп'ютерна» («нова») технологія, основним інструментарієм якої є персональний комп'ютер з широким спектром стандартних програмних продуктів різного призначення. На цьому етапі відбувається процес персоналізації обчислювальних систем і широке використання телекомунікацій. У зв'язку з переходом на мікропроцесорну базу істотних змін зазнають і технічні засоби побутового, культурного та іншого призначень. Починають широко використовуватися в різних областях глобальні і локальні комп'ютерні мережі.

Базові складові інформаційних технологій.

- Технічне забезпечення.
- Програмне забезпечення.
- Інформаційне забезпечення.
- Методичне і організаційне забезпечення.

Технічне забезпечення (HardWare). Це персональні комп'ютери, оргтехніка, лінії зв'язку, обладнання мереж. Технічна оснащеність впливає на збір, обробку і передачу інформації. Розвиток обчислювальної техніки не стоїть на місці. Персональні комп'ютери стають більш потужними та дешевшими і, отже, є доступними для широкого кола користувачів. Комп'ютери оснащуються вбудованими комунікаційними можливостями, швидкісними модемами, великими об'ємами пам'яті, сканерами, пристроями розпізнавання голосу і рукописного тексту.

Програмне забезпечення (SoftWare). Знаходиться в прямій залежності від технічного і інформаційного забезпечення, реалізовує функції накопичення, обробки, аналізу, зберігання, та забезпечує інтерфейс користувача з комп'ютером.

Інформаційне забезпечення. Сукупність даних, які представлені в певній формі для комп'ютерної обробки.

Організаційне і методичне забезпечення являють собою комплекс заходів, що скеровані на функціонування комп'ютера і програмного забезпечення для отримання необхідного результату.

Основними властивостями інформаційної технології є:

- Доцільність.
- Наявність компонентів та їх структури.
- Взаємодія із зовнішнім середовищем.
- Цілісність.
- Розвиток у часі.

Доцільність. Головною метою реалізації інформаційної технології є підвищення ефективності виробництва на базі використання сучасних ЕОМ

розподіленої переробки інформації, розподілених баз даних, різних інформаційних обчислювальних мереж шляхом забезпечення циркуляції і перетворення інформації.

Компоненти. Це функціональні вузли процесів обігу і переробки інформації.

Взаємодія із зовнішнім середовищем. Взаємодія інформаційної технології з об'єктами управління, системами, програмними і технічними засобами автоматизації.

Цілісність. Інформаційна технологія є цілісною системою, яка здатна вирішувати задачі, використовуючи можливості своїх компонентів.

Реалізація (розвиток) у часі. Забезпечення динамічності розвитку інформаційної технології, її модифікація, зміна структури, додавання нових компонентів.

Тенденції розвитку інформаційних технологій

1. Зростання ролі інформаційного продукту.
2. Розвиток здібності до взаємодії (сумісність).
3. Ліквідація надлишкових проміжних ланок.
4. Глобалізація (англ. globalization) - процес всесвітньої економічної, політичної та культурної інтеграції та уніфікації. У ширшому розумінні - перетворення певного явища на планетарне, таке, що стосується всієї Землі.
5. Конвергенція (від лат. convergo - «сближую») - процес сближення, схоження (в різному глудзі), компромісів; протилежна це дивергенція.

Зростання ролі інформаційного продукту.

Інформаційний продукт (ІП) представлено у вигляді інформації різного роду, яка є джерелом людських знань, програмних засобів, баз даних. Отже, діяльність інтелектуальних працівників в більшій мірі залежить від змісту, точності і своєчасності отриманої інформації. ІТ спроможна використати знання і донести інформацію до об'єкту призначення. Інформаційна частина ІП розширює кругозір людей, дозволяє ефективно

використовувати ресурси, а розважальна забезпечує дозвілля. Якість і доступність обох складових істотно впливають на комфорт окремої людини.

У світі бізнесу інтелектуальні працівники приймають рішення, розробляють вироби, продають і купують товари та послуги, надають рекомендації, які визначають розвиток компанії. Успіх ділових операцій в значній мірі залежить від ІП, який надають інтелектуальні працівники.

Розвиток ІП впливає і на розвиток світової журналістики. Вартість та міркування екологічного характеру спонукають до розвитку альтернативних друкарських видань. Все більше число видавництв вважає, що майбутнє за електронними версіями їх газет. Якщо користувача цікавить більш докладна інформація про подію, про яку розкаже теледиктор, він може отримати її в електронній версії передачі.

Здатність інформаційних технологій до взаємодії

Наступною тенденцією розвитку ІТ є здібність до взаємодії між всіма фізичними і логічними елементами системи. Для забезпечення сумісності з'являються нові стандарти на програмні і апаратні засоби, дисплеї, бази даних і мережі. Нові технології є головною рушійною силою для процесів стандартизації.

Ліквідація надлишкових проміжних ланок ІТ

У міру того як інформаційні технології все глибше проникають в різні сфери життя, змінюються вартісні показники, на яких базується конкуренція. Це спричиняє фундаментальні структурні зміни в інших галузях економіки, такі як ліквідація надлишкових проміжних ланок. Це означає зменшення кількості посередників між споживачами і виробниками.

Інформаційні технології забезпечують можливості для ліквідації проміжних функцій всередині компаній і між ними. Телемаркетинг і система замовлень «комп'ютер - комп'ютер» усувають, наприклад, проміжні торгові організації. Покупці, які мають доступ до електронних терміналів компанії, замовляють товари і отримують електронні купони.

Інформація часто виступає як основний продукт обміну при здійсненні операції, наприклад, коли закупається програма навчання або укладається контракт на надання консультаційних послуг. Це справедливо для взаємовідносин всередині підприємств (виробництво - забезпечення), між підприємствами (покупець - продавець) і між підприємством і споживачем. У цих випадках ліквідація проміжних ланок зумовлена впровадженням нових технологій, які забезпечують додаткову вартість інформації за рахунок її обробки, зберігання, передачі і перетворення в більш вдалі і доступні для негайного використання форми.

Істотними перевагами інформаційних технологій є більше поширення, простота користування і зниження цін за рахунок менших питомих витрат на інформаційні технології у порівнянні традиційними методами із залученням людини, паперу.

Глобалізація ІТ.

На сьогодні споживачем інформації може бути будь-яка людина або фірма. Тому, можливості інформаційного ринку є безмежними, хоча і існує досить жорстка конкуренція між основними виробниками. До традиційно сильних виробників, таких як США, Японія, Франція, Великобританія і ФРН наближаються компанії Австралії, Південної Кореї, Тайваню, Сінгапуру тощо. Однією з головних причин інтенсифікації світової конкуренції є поширення попиту на конкретні види ІТ в світовому масштабі. Можна сказати, що, незважаючи на відмінність ринків, продукція, що користується попитом в Америці є аналогічною до продукції, на яку існує попит в Японії і Європі.

- Різний рівень знань в області ІТ, що визначає темпи її поширення, які варіюють в широких межах в залежності від сфери застосування і від особливостей країни.

- Співвідношення «вартість – ефективність» ІТ.
- Урядова підтримка.
- Стандартизація.
- Порівняльні переваги співіснуючих і взаємозамінних технологій.

Конвергенція інформаційних технологій

Глобалізація безпосередньо пов'язана з конвергенцією. Раніше сферу виробництва і сферу послуг можна було легко визначити і диференціювати. Однак, описані вище «інформаційні тенденції» змінюють традиційні уявлення.

Прогноз «реального» ринку з врахуванням аналізу динаміки розвитку індустрії інформаційних технологій дозволяє виділити наступні основні області ІТ.

1. Послуги зв'язку реалізуються за допомогою мереж загального користування, як телефонна передача даних, зображення і звукових сигналів, а також традиційних методів доставки, наприклад поштою.

2. Інформаційні послуги представлено різного роду публікаціями, що здійснюються як традиційними методами, так і за допомогою електроніки: пакетами прикладних програм, програмними засобами, комп'ютерною обробкою даних, рекламою та іншими видами професійних послуг.

Розваги забезпечуються за рахунок створення інформаційного продукту: музичного, художнього, гумористичного і ігрового характеру, поширення його у вигляді друкарських видань, платівок,

касет, дисків, а також за допомогою радіо і ТВ-трансляції, кабельного телебачення, театрів тощо.

3. Споживчу електроніку представлено стандартними пристроями і системами, що забезпечують потреби приватних осіб в інформації і розвагах. Наприклад, телефонна, аудіо- і ТВ-апаратура, персональні комп'ютери і лазерні програвачі, які зберігають і відтворюють інформаційно-розважальні передачі.

4. Офісне обладнання охоплює широке коло пристроїв і систем: від найпростіших автономних пристроїв для перенесення з носія на носія (копіри та принтери) до сучасних з мережами персональних комп'ютерів, телефонних апаратів, факсів тощо.

5. Системи забезпечення бізнесу. До них відносяться системи загального призначення для обробки, зберігання і передачі інформації (наприклад, універсальні комп'ютери з відповідним програмним забезпеченням), а також пристрої і системи спеціалізованого призначення: комутатори для мереж зв'язку, пристрої збору технологічної інформації, роботи, засоби автоматизованого контролю і управління технологічними процесами, автоматичні касові апарати і системи продажу бензину.

Нові технології широко впроваджуються в нашому житті, втілюються в реальних проектах і надають безпосередню вигоду для споживачів вже сьогодні.

Внаслідок розвитку інформаційних технологій і великої прибутковості проектів в галузь залучено багато фірм, між якими відбувається здорова конкуренція, яка забезпечує появу кращих і зручніших продуктів своєї діяльності.

Питання для самоконтролю

1. Назвіть етапи розвитку інформаційних технологій.
2. В чому полягають тенденції розвитку інформаційних технологій?
3. Які основні принципи комп'ютерної інформаційної технології?
4. Які складові є базовими для інформаційних технологій?
5. Що позначають терміни «Soft Ware» та «Hard Ware»?
6. Які тенденції розвитку інформаційних технологій є важливими?

ЛЕКЦІЯ 3 ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ КОДУВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ. СИСТЕМИ ЧИСЛЕННЯ

Кодування інформації.

Для автоматизації роботи з даними, що відносяться до різних типів, важливим є приведення їх до єдиної форми. Для цього, як правило, використовують **кодування**, тобто представлення даних одного типу через дані іншого типу.

- Природна людська мова – це система кодування ідей та понять для висловлення думок за допомогою мовлення.
- Азбука - це система кодування компонентів мови за допомогою графічних символів.
- В різних галузях техніки, науки та культури застосовуються інші засоби кодування: математичні вирази, телеграфна азбука, морська азбука, азбука для сліпих, мова жестів тощо.

Кодування (англ. encoding, нім. Kodieren):

Кодування (інформатика) — операція заміни коду текстових даних; заміна звичайних текстових даних скороченими умовними позначеннями; переклад будь-якої інформації, вираженої засобами природної мови, в послідовність умовних символів, сигналів за певними правилами, що називають кодом.

Кодування символів — таблиця, яка кожному символу з певного набору ставить у відповідність послідовність байтів.

Кодування (програмування) — процес написання програмного коду обраною мовою програмування.

Кодування (телекомунікації) — перетворення будь-якої інформації на послідовність імпульсів, що мають властивість самосинхронізації для передачі через телекомунікаційні канали

Двійковий код

В інформатиці існує своя система кодування, що називається **двійковим кодом** (цифровим кодом). В ній використовується лише 2 символи «0» та «1» (двійкові цифри).

Інформацію, що представлена у такому вигляді легко технічно змоделювати. Наприклад, у вигляді електричних імпульсів (імпульс є – «1», імпульсу немає – «0») або на оптичному диску (ділянка прозора – промінь відбивається – «1», ділянка затемнена – промінь поглинається – «0»).

Вся інформація, що зберігається та обробляється засобами обчислювальної техніки, незалежно від її типу (числа, текст, графіка, звук, відео), представлена у двійковому коді.

Об'єм інформації, що потрібен для збереження такого символу («0» або «1») називається **бітом** (*bit* від скорочення англійських слів *binary digit*).

- Одним бітом можна закодувати два значення: 0 або 1 (ні або так, хибне або істинне, немає імпульсу або є імпульс).
- Двома бітами можна закодувати чотири значення : 00, 01, 10, 11.
- Трьома бітами кодують вісім значень: 000, 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111.

Збільшуючи кількість бітів (іноді називають розрядів) для кодування у два рази збільшується кількість значень, що можна закодувати. Отже, кількість значень обчислюється за формулою:

$$N=2^m,$$

Де, N – кількість незалежних значень, що можна закодувати, m – розрядність двійкового кодування.

Одиниці інформації.

Базовою одиницею інформації є біт, що приймає значення «0» або «1».

Для кодування звичних для людини символів в інформатиці використовують 8 біт, за допомогою яких можна закодувати $2^8=256$ значень.

Було розроблено стандартний набір 256 символів, що має назву ASCII (*American Standard Code for Information Interchange* – Американський стандартний код для обміну інформацією). Код ASCII розроблено в Америці, але його використовують у всьому світі, з врахуванням національних алфавітів.

- 128 символів відведено для літер латинського алфавіту, цифр, математичних та інших символів.
- 128 символів відведено для літер національних алфавітів, специфічних символів.

Об'єм інформації, що виділяється для збереження одного символу ASCII називається байтом.

Байт (*Byte*) є найменшою одиницею виміру даних, він складається з 8 бітів.

Наступними одиницями виміру інформації є:

| | | | | |
|-----------------|-----------|------------------|-----------------------|----------------------|
| <i>Кілобайт</i> | <i>Kb</i> | <i>1 Кбайт =</i> | 2^{10} <i>байт</i> | 1024 <i>байт</i> |
| <i>Мегабайт</i> | <i>Mb</i> | <i>1 Мбайт =</i> | 2^{10} <i>Кбайт</i> | 2^{20} <i>байт</i> |
| <i>Гігабайт</i> | <i>Gb</i> | <i>1 Гбайт =</i> | 2^{10} <i>Мбайт</i> | 2^{30} <i>байт</i> |
| <i>Терабайт</i> | <i>Tb</i> | <i>1 Тбайт =</i> | 2^{10} <i>Гбайт</i> | 2^{40} <i>байт</i> |
| <i>Петабайт</i> | <i>Pb</i> | <i>1 Пбайт =</i> | 2^{10} <i>Тбайт</i> | 2^{50} <i>байт</i> |
| <i>Ексабайт</i> | <i>Eb</i> | <i>1 Ебайт =</i> | 2^{10} <i>Пбайт</i> | 2^{60} <i>байт</i> |

Питання для самоконтролю

1. Яка система кодування використовується в інформатиці?
2. Чим можна пояснити доцільність використання двійкового коду?
3. Що таке біт? Що він позначає?
4. Скільки потрібно бітів, щоб закодувати 512 різних незалежних значень?
5. Яку максимальну кількість значень можна закодувати 3 бітами?
6. Що вважається найменшою одиницею виміру даних?
7. Скільки бітів містить байт?
8. Скільки Кілобайтів міститься у Гігабайті?

ЛЕКЦІЯ 4

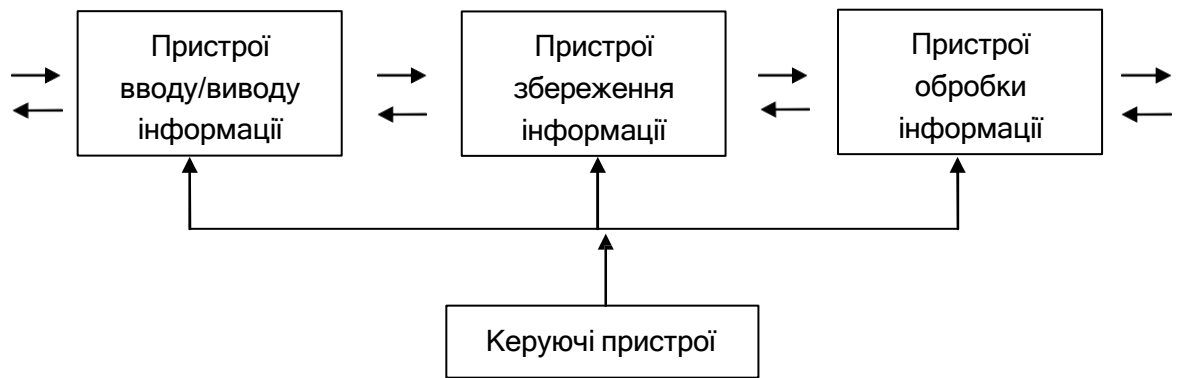
АРХІТЕКТУРА ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ. КЛАСИФІКАЦІЯ КОМП'ЮТЕРІВ

Сукупність пристроїв, що призначені для автоматичної або автоматизованої обробки інформації називають **обчислювальною технікою**.

Конкретний набір, пов'язаних між собою пристроїв, називають **обчислювальною системою**. Центральним пристроєм для більшості обчислювальних систем є Електронна Обчислювальна Машина (ЕОМ) або комп'ютер.

Основні принципи побудови ЕОМ були запропоновані Джоном фон Нейманом у 1945 році.

Узагальнено, ЕОМ має 4 функціональні блоки.



Такі блоки є складовими архітектури будь якої ЕОМ, починаючи від калькуляторів і до супер ЕОМ. Джон фон Нейман сформулював також основні принципи, за якими працюють комп'ютери.

Основні принципи фон Неймана

Принцип двійкового кодування. Вся інформація, що обробляється у комп'ютері, представлена у двійковому коді, що добре відображає два стійких стани елементів комп'ютера (є імпульс – «1», немає імпульсу – «0»).

1. **Принцип програмного керування.** Робота на комп'ютері здійснюється за допомогою програм. Програма складається з набору команд, які в певній послідовності виконуються процесором. Ефективність програмного керування є вищою, коли програму можна застосовувати багаторазово і за різних початкових даних.

2. **Принцип однорідності пам'яті.** Програми і дані зберігаються в одній пам'яті, тому комп'ютер не розрізняє, що знаходиться у комірці пам'яті: число, текст або команда. Над командами можна виконувати ті ж самі дії, що й над даними. Наприклад, команди одної програми можуть бути отримані як результат виконання іншої програми.

3. **Принцип адресності.** Пам'ять комп'ютера складається з пронумерованих комірок. Процесор в будь який момент може звернутися до будь-якої комірки за заданою адресою.

Ідеї фон Неймана і запропоновані ним архітектура та принципи функціонування комп'ютера є актуальними і на сьогоднішній день. Комп'ютери, що побудовані за такою схемою і базуються на таких принципах називаються **комп'ютерами з архітектурою фон Неймана**.

Сучасний комп'ютер – це технічний пристрій, який після введення в пам'ять початкових даних у вигляді двійкових цифр та програми їхньої обробки, що також представлена двійковими цифрами, здатен автоматично здійснити обчислювальний процес, заданий програмою, і видати готові результати розв'язання задачі у формі, яка є прийнятною для користувача.

Реальна структура комп'ютера є значно складнішою. В сучасних комп'ютерах застосовуються відхилення від традиційної архітектури, втілюються передові ідеї стосовно вдосконалення характеристик

існуючих елементів та розробляються нові більш ефективні пристрої.

Якість комп'ютера можна характеризувати за багатьма показниками:

1. Швидкодія процесора (кількість операцій за одиницю часу).
2. Кількість команд, що комп'ютер здатен розуміти.
3. Кількість периферійних пристроїв вводу/виводу, які можна одночасно під'єднати до комп'ютера.
4. Інші показники.

Тому, розробники всього світу постійно шукають шляхи для розробки нових, швидких та надійних процесорів, запам'ятовуючих пристроїв, пристроїв вводу/виводу тощо. Але тут існують обмеження фізичного та технологічного характеру, і тому, багато уваги приділяється вдосконаленню існуючих та розробці нових архітектур комп'ютерів.

Питання для самоконтролю

1. Що називається «обчислювальною технікою»?
2. Що є центральним пристроєм обчислювальної системи?
3. Які основні функціональні блоки мають бути у комп'ютері?
4. Основні принципи функціонування комп'ютера?
5. Що декларує «принцип програмного керування»?
6. Які комп'ютери називають «комп'ютери з архітектурою фон Неймана»?
7. Визначення поняття «комп'ютер»?
8. За якими показниками можна визначити потужність комп'ютера?

ЛЕКЦІЯ 5

ПЕРСОНАЛЬНИЙ КОМП'ЮТЕР ТА ЙОГО ОСНОВНІ СКЛАДОВІ

Персональний комп'ютер – це універсальна технічна система, що спроможна виконувати чітко визначену послідовність операцій певної програми.



Базова конфігурація:

- Системний блок.
- Монітор (Дисплей).
- Клавіатура.
- Мишка.

Ці пристрої називаються стандартними, і їх наявність є обов'язковою для роботи комп'ютера.

Системний блок – це основна складова комп'ютера, що представлена у вигляді корпусу, в якому розміщено найважливіші елементи комп'ютера, зокрема:

- Материнська плата.
- Центральний процесор.
- Пристрої внутрішньої пам'яті.
- Твердий диск.
- Блок живлення.
- Інші важливі пристрої.

Основні функції корпусу системного блоку:

- Захист внутрішніх пристроїв від механічних пошкоджень.
- Створення стабільного температурного режиму. Всередині знаходиться вентилятор (*cooler*) для охолодження внутрішніх пристроїв, що можуть нагріватися до 600-950 С.

Якісні корпуси екранують, для того, щоб електромагнітне випромінювання не виходило назовні, не заважало роботі інших електронних приладів і не впливало на здоров'я людини.

Блок живлення розташовано всередині корпусу і зазвичай продається разом з ним.

Блок живлення перетворює змінну мережну напругу у постійну ($\pm 12\text{В}$, $\pm 5\text{В}$, $\pm 3,3\text{В}$). Переважно застосовують імпульсні блоки живлення, вони є невеликими за розміром та вагою, добре витримують перепади мережної напруги, але є недовговічними (5-7 років), що зрештою є значно довше ніж час морального старіння комп'ютера.

Потужність сучасних блоків живлення складає 350-400 Вт. Сучасні процесори мають підвищене енергоспоживання, тому цей показник має бути високим.

Для того, щоб блок живлення працював довше, не потрібно часто вмикати/вимикати комп'ютер, краще застосовувати енергозберігаючий режим, що витрачає досить мало електрики.

Якщо блок живлення зламався, то простіше та дешевше купити новий блок, ніж ремонтувати зламаний.

Форм-фактор корпусу.

Форм-фактор є важливою характеристикою корпусу, що враховує:

- Геометричні розміри материнської плати.

- Загальні вимоги стосовно розташування отворів та роз'ємів у корпусі.

- Місце розташування блоку живлення у корпусі.

- Геометричні розміри та електричні характеристики блоку живлення.

Узагальнено, форм-фактор вказує на сумісність блоку живлення та материнської плати.

Від зародження персональних комп'ютерів був впроваджений форм-фактор АТ, який починаючи від 2000 року витіснений форм-фактором АТХ. Сучасні стандарти (micro АТХ – МАТХ, flex АТХ, mini - ІТХ) зберігають основні риси форм-фактору АТХ, змінюючи лише розміри материнської плати та кількість роз'ємів у корпусі.

Принциповою різницею між АТ та АТХ є програмна підтримка керування живленням, що дозволяє:

- Вимкнути живлення програмним шляхом.

- Застосувати певний режим енергозбереження.

Іноді на корпусах АТХ знаходяться кнопки режимів енергозбереження, але найчастіше вони містяться на клавіатурі.

Кнопки, індикатори, роз'єми у корпусі

На передню панель корпусу системного блоку виведено кнопки, індикатори, відсіки та певні роз'єми.

Кнопки

- Power – призначена для вмикання (іноді і вимикання) комп'ютера і зазвичай виділяється за кольором та розміром.

- Reset – призначена для перевантаження комп'ютера. Є маленькою і майже не виступає за поверхню панелі, щоб запобігти випадковому натисненню.

- На певних моделях корпусів присутні кнопки енергозберігаючих режимів.

Індикатори

- Power – свідчить, що комп'ютер увімкнений.

- HDD – періодично блимає червоним світлом, коли відбувається звертання до твердого диску.

На деяких моделях корпусів присутні індикатори внутрішньої температури, годинник та показник завантаженості процесора.

Відсіки

3,5 дюймові відсіки призначені для розташування:

- Дискководів для магнітних дискет та zip-дискет (морально застаріле обладнання).

- Додаткові USB-концентратори.

- Інфрачервоні передавачі.

- Інші пристрої.

5 дюймові відсіки від початку були призначені для розміщення дискководів для 5 дюймових магнітних дискет. Після виходу таких дискет з

використання, відсік довгий час не використовувався. Тепер в них розміщують:

- Дискони для оптичних дисків.
- Дискони для мобільних дискет.
- Зовнішні тверді диски (*Mobile Rack*).

Кількість відсіків може бути різною і залежить зазвичай від розміру корпусу і потреб користувача.

Роз'єми

На передню стінку корпусу зазвичай виведено роз'єми для під'єднання флеш-накопичувачів та навушників.

Отвори

Призначені для додаткової вентиляції. Але, нажаль, через отвори корпусу всередину системного блоку попадає пилюка, особливо, коли системний блок стоїть дуже низько та коли вдома є домашні тварини.

З часом пилюка і шерсть від тварин покриває вентилятор та інші важливі внутрішні пристрої щільним прошарком. Користувач може помічати це як збільшення шуму від роботи комп'ютера

Тому, варто раз на півроку розбирати корпус і обережно повибирати пилюку зсередини. Якщо цього не робити, то може гальмуватися робота вентилятору, порушується теплообмін всередині корпусу і це призводить до перегріву та поламки важливих пристроїв.

Джерело безперебійного живлення UPS (*Uninterruptible Power System*) варто придбати, коли у мережі спостерігаються відхилення від норми, нестабільний режим роботи, постійні вимикання.

Підбирати потужність UPS слід відповідно до потужності системного блоку та монітору. Чим вони є потужнішими, тим потужнішим має бути UPS. При вимиканні електрики час роботи комп'ютера від батарей UPS залежить прямо пропорційно від їх ємності і зворотно пропорційно від потужності блоку живлення. Після вимикання електрики комп'ютер працює на батареях UPS в середньому 7-20 хвилин, що є цілком достатнім, щоб коректно завершити роботу і вимкнути комп'ютер.

Материнська плата.

Всередині системного блоку розташовано багато пристроїв. Основною за призначенням і більшою за розміром є системна плата (материнська плата, *Mother Board*).



На материнській платі розташовано:

- Центральний процесор (CPU *Central Processing Unit*).
- Системна шина – основна магістраль, по якій відбувається обмін даними між процесором та іншими пристроями.
- Чипсет (*Chip Set*) – набір мікросхем, які відповідають за роботу комп'ютера. В цьому наборі містяться контролери, система керування, таймери тощо.
- Пристрої внутрішньої пам'яті:
 - Оперативний запам'ятовуючий пристрій.
 - Постійний запам'ятовуючий пристрій.
 - Енергонезалежний запам'ятовуючий пристрій.
- Роз'єми для під'єднання накопичувачів на твердому диску та оптичних дисків.
- Внутрішні роз'єми (слоти) до яких можна під'єднати певні основні чи периферійні пристрої:
 - Відеоплату (відеоадаптер).
 - Звукова плата (звуковий адаптер).
 - Мережну плату (мережний адаптер).
 - Внутрішній модем.
 - TV або FM тюнер.

З метою вивільнення простору і зручності користування ці пристрої можуть відразу міститися на материнській платі у вигляді мікросхем. В цьому випадку вони називаються інтегрованими. Якість інтегрованих пристроїв є значно нижчою ніж якість окремо поставлених пристроїв.

Пристрої, що розташовані на материнській платі називаються внутрішніми.

Відомі фірми-виробники материнських плат: Intel, ASUS, GigaByte.

Ціна плат залежить від бренда виробника, наявності інтегрованих пристроїв та інших характеристик і коливається від 60 дол. до 200 дол. і вище.

Часто материнська плата випускається разом з процесором, тоді до ціни материнської плати додається ціна процесора.

Центральний процесор

Процесор є найважливішим пристроєм в комп'ютері, основною мікросхемою комп'ютер, що визначає потужність комп'ютера.

Основні функції процесора:

- Виконання логічних та арифметичних операцій.
- Керування обчислювальним процесом.
- Координація роботи всіх пристроїв системи.

В обчислювальній системі може бути кілька паралельно працюючих процесорів. Такі системи називаються багатопроесорними.

Основні складові процесора:

Пристрій керування. Координує роботу всіх пристроїв, керує роботою пристроїв та обчисленнями.

- Арифметико логічний пристрій. Виконує арифметичні та логічні операції.
- Математичний сопроцесор. Працює разом з процесором і збільшує швидкість математичних обчислень.
- Пристрій генерації адрес (AGU Address Generation Unit). Відповідає за коректну адресацію при завантаженні та збереженні адрес.
- Дешифратор команд. Аналізує команди, що надходять до процесора і перетворює їх у форму, що є прийнятною для процесора.
- Регістри. Спеціальні комірки, де власне відбуваються обчислення.
- Кеш-пам'ять. Високошвидкісна пам'ять комп'ютера. Використовується для пришвидшення обміну інформацією між процесором та оперативною пам'яттю.

Додатково процесор може містити:

- Графічний сопроцесор. Використовується для пришвидшення обробки зображень.
- Сопроцесор вводу/виводу. Використовується для пришвидшення роботи з периферійними пристроями вводу/виводу інформації.

Для виконання операції процесор має здійснити наступні кроки:

Вибір команди.

Вибір даних для команди.

Виконання команди.

Збереження результату за вказаною адресою.

Для виконання кожного з цих етапів відводиться один такт (імпульс). В кожному такті починається виконання нової операції.

Основні характеристики процесора

- Тактова частота.
- Розрядність.
- Робоча напруга.
- Об'єм кеш-пам'яті.

Тактова частота

Тактова частота - це кількість електричних імпульсів у секунду, вимірюється у Герцах (МегаГерцах, ГігаГерцах). Вона задається кварцовим генератором, що знаходиться на материнській платі. Чим вищою є тактова частота ядра процесора, тим швидше відбувається обробка даних.

Межа тактової частоти була досягнута у 4,7 ГГерц і подальший розвиток процесорів відбувається у напрямку збільшення кількості обчислювальних ядер процесора (2, 4, 6, 8 і далі). Тут тактова частота для кожного ядра дещо зменшилася до 2,6-3,0 ГГерц, але за рахунок збільшення кількості ядер, їх тактові частоти підсумовуються.

Нажаль, не завжди збільшення ядер процесора призводить до збільшення швидкодії, бо існує доволі багато програм, що використовує лише одне ядро.

Розрядність

Розрядність показує скільки біт даних (розрядів) процесор може прийняти і обробити в своїх регістрах за один такт. Наприклад, 32- розрядний процесор – 32 біти, 64- розрядний – 64 біти.

Робоча напруга

Робоча напруга сучасних процесорів має прагнути до зменшення, що дозволяє зменшити розміри процесора, а також зменшити тепловиділення, що дозволяє збільшити потужність без загрози перегріву (під час роботи процесор нагрівається до 650-900 С).

Сучасні процесори мають робочу напругу 0,5-1,5 В. Раніше цей показник складав 1,75-3,5 В.

Кеш-пам'ять процесора

Обмін даними всередині процесора відбувається значно швидше, ніж обмін даними між процесором та оперативною пам'яттю. Для того, щоб зменшити кількість звертань до оперативної пам'яті (бо це затягує час) процесор має так звану над оперативну кеш-пам'ять.

Коли процесору потрібні дані, він спочатку звертається до кеш-пам'яті і лише у разі, якщо потрібні дані там відсутні, звертається до оперативної пам'яті. Тому, високопродуктивні процесори оснащуються підвищеними обсягами кеш-пам'яті.

Кеш-пам'ять конструктивно розподілена на кілька рівнів:

- Кеш-пам'ять I рівня. Виконується на одному кристалі з процесором. Має об'єм порядку десятків Кілобайт.

Кеш-пам'ять II рівня. Виконується на окремому кристалі, але в межах процесора в одному з ним корпусі. Має об'єм від сотень Кілобайт до Мегабайту

Питання для самоконтролю

1. Які функції виконує корпус системного блоку?
2. Які пристрої створюють стабільний температурний режим в системному блоці?
3. Що у загальному розуміють під поняттям «форм-фактор системного блоку»?
4. Які пристрої можна розмістити у 5-дюймовому відсіку корпусу системного блоку?
5. Про що свідчить блимання індикатора HDD на корпусі системного блоку?
6. 7. З якою метою застосовують мережні фільтри?
7. Як можна визначити потрібну потужність джерела безперебійного живлення?

ЛЕКЦІЯ 6

ВНУТРІШНІ ЗАПАМ'ЯТОВУЮЧІ ПРИСТРОЇ. ЇХ КЛАСИФІКАЦІЯ

Однією з центральних ланок комп'ютера з архітектурою фон Неймана є пристрої збереження інформації, чи так звана комп'ютерна пам'ять. Сучасні комп'ютери оснащені кількома видами запам'ятовуючих пристроїв, що призначені для виконання своїх особливих функцій. Часто для скорочення замість терміну «запам'ятовуючий пристрій» вживають термін «пам'ять».

Універсального запам'ятовуючого пристрою не існує, і умовно комп'ютерну пам'ять можна поділити на:

- **Пристрої внутрішньої пам'яті.** Тут зберігаються спеціальні програми, що потрібні для увімкнення та функціонування комп'ютера. Ці пристрої знаходяться на материнській платі.

- **Пристрої зовнішньої пам'яті.** Призначені для збереження програм та документів користувача (операційна система, прикладні програми, текстові документи, фотографії, музика тощо). Ці пристрої можуть знаходитися у системному блоці, але не на материнській платі чи під'єднуватися до зовнішніх портів системного блоку.

Внутрішні запам'ятовуючі пристрої.

Під внутрішньою пам'яттю розуміють всі види запам'ятовуючих пристроїв, що реалізовані у вигляді мікросхем і розташовані на материнській платі.

Там зберігається лише інформація, що потрібна для виконання основних функцій комп'ютера і не призначена для збереження документів користувача чи прикладних програм.

До пристроїв внутрішньої пам'яті відносяться

1. Оперативний запам'ятовуючий пристрій.
2. Постійний запам'ятовуючий пристрій.
3. Енергонезалежний запам'ятовуючий пристрій.

Оперативна пам'ять RAM (Random Access Memory)

Оперативна пам'ять - це робоча ділянка для процесора і використовується для швидкого обміну інформацією (командами та даними) між процесором та іншими пристроями. До неї завантажується програма чи кілька програм з якою працює користувач.

Коли користувач запускає програму, вона завантажується до оперативної пам'яті, і лише після цього процесор виконує команди цієї програми. Також в оперативній пам'яті знаходиться інформація, яку обробляє процесор і туди заносяться результати цієї обробки. При виконанні команди Зберегти (*Save*) вміст оперативної пам'яті зберігається у вигляді файлу на твердому диску чи іншому носії.

Оперативна пам'ять є тимчасовим сховищем, тому дані і програми в ній зберігаються лише при увімкненому комп'ютері або до натиснення кнопки

перевантаження (Reset). Тому, перед вимиканням чи перевантаженням комп'ютера слід зберегти всі результати на певний носій інформації, що може зберігати інформацію постійно і тривалий час (твердий диск, флеш-накопичувач тощо). Також, на випадок раптового вимикання електрики, варто що 10-15 хвилин зберігати документ, з яким працює користувач.

Назва «оперативна» свідчить, що цей пристрій працює дуже швидко і процесор не гає часу під час обробки інформації.

Важливою характеристикою оперативного запам'ятовуючого пристрою є об'єм. Чим він є більшим, тим більше програм можна запустити на комп'ютері одночасно і робити складні операції (обробка зображень, перегляд відеофільмів, сучасні ігри, робота з надвеликими базами даних тощо).

За фізичним принципом дії розрізняють

- Динамічну оперативну пам'ять DRAM (*Dynamic RAM*).
- Статичну оперативну пам'ять SRAM (*Static RAM*).

Динамічна оперативна пам'ять

Фізично, пам'ять DRAM являє собою набір запам'ятовуючих комірок, які складаються з конденсаторів та транзисторів, що розташовані всередині напівпровідникових мікросхем пам'яті. В кожній комірці можна зберігати певний об'єм даних від 1 до 4 біт.

При відсутності подачі електроенергії до комірки конденсатори розряджаються і пам'ять очищається (обнулюється). При подачі напруги до комірки спрацьовує транзисторний ключ і конденсатор заряджається. Тобто конденсатори заряджаються, коли в комірці записується «1», і розряджаються, коли в комірці записується «0».

Динамічній пам'яті притаманна простота реалізації і низька вартість. Але, тут є повільний запис і зчитування даних, потрібна постійна підзарядка конденсаторів.

Статична оперативна пам'ять

Фізично, пам'ять SRAM являє собою набір запам'ятовуючих комірок, які складаються з тригерів та транзисторів. Тригер має два стани «включений» - «1», «виключений» - «0», заряд до тригера надходить від транзисторного ключа.

Статична пам'ять є самою швидкісною зі всіх запам'ятовуючих пристроїв, вона має типовий час доступу біля 25 наносекунд. Але, вона є дорогою, бо має складний процес виготовлення. На відміну від DRAM, статична RAM зберігає дані доки на мікросхемі подається живлення.

Мікросхеми DRAM використовують як оперативну пам'ять загального призначення, а мікросхеми SRAM як високошвидкісну кеш-пам'ять процесора.

Виконання оперативної пам'яті

Фізично, оперативна пам'ять представлена у вигляді окремих панелей з мікросхемами, що називаються модулями. Панелі оперативної пам'яті вставляються у спеціальні роз'єми на материнській платі. Модулі пам'яті мають різні характеристики і для свого функціонування мають бути сумісними

з основними пристроями комп'ютера (материнською платою, процесором та іншими).

Основними характеристиками модулів оперативної пам'яті є:

- Об'єм, вимірюється в Мбайтах.

Час доступу, вимірюється в наносекундах.

Сучасні модулі є об'ємом в 1024, 2048, 4096 Мбайт і вище. Чим вище цей показник, тим більше програм можна одночасно завантажити, тим складніші процеси можна виконувати.

Час доступу показує, скільки часу витрачається на звернення до комірок пам'яті, чим показник є меншим, тим швидше працює комп'ютер.

Постійна пам'ять ROM (Read Only Memory)

В момент увімкнення комп'ютера в його оперативній пам'яті відсутні будь-які дані, оскільки оперативна пам'ять не зберігає дані при вимиканні комп'ютера. Але, процесору необхідні команди відразу після вмикання.

Тому, процесор звертається за першою командою за спеціальною стартовою адресою, яка йому завжди відома.

Ця команда міститься у мікросхемі постійного запам'ятовуючого пристрою, де інформація зберігається постійно, навіть при вимкненому комп'ютері. Комплект програм, що знаходиться у постійній пам'яті записується на стадії виготовлення мікросхеми і називається BIOS «Базова система Вводу/Виводу» (*Basic Input Output System*).

Основним призначенням програм BIOS є:

- Перевірка складу та працездатності основних пристроїв системи.
- Забезпечення взаємодії з основними пристроями вводу/виводу:

монітором та клавіатурою

Перші програми BIOS записувалися в одноразово програмовану мікросхему постійної пам'яті. Згодом стали застосовувати мікросхеми з ультрафіолетовим затиранням, тут інформацію вже можна було змінювати за допомогою спеціального програматора.

Сучасні мікросхеми постійної пам'яті виконують за технологією Flash ROM або EEPROM з електричним затиранням та перезаписом, що дозволяє користувачеві легко і швидко змінювати налаштування програм BIOS.

Але новітні технології мають й свої недоліки:

- Перепад напруги в момент зміни налаштувань або раптове вимикання живлення можуть зіпсувати мікросхему постійної пам'яті.

- Існують комп'ютерні віруси, які затирають налаштування чи самі програми BIOS, і це може цілком зруйнувати працездатність комп'ютера.

Енергонезалежна пам'ять CMOS (Complement Metal Oxide Semiconductor)

- Для своєї роботи програми BIOS потребують інформацію про поточну конфігурацію комп'ютерної системи, яка є досить різноманітною із великою кількістю параметрів (відомості про твердий диск, під'єднані

принтери, модеми, мережні карти, паролі, системну дату, час тощо).

- Спеціально, для збереження такої інформації на материнській платі міститься мікросхема енергонезалежної пам'яті CMOS, що підживлюється від невеличкої батарейки.

Питання для самоконтролю

1. На які види поділяють комп'ютерну пам'ять.
2. Що таке внутрішні запам'ятовуючі пристрої?
3. Як розрізняють пам'ять за фізичним принципом дії?
4. Назвіть основні характеристики модулів оперативної пам'яті?
5. В чому полягає основне призначення програм BIOS?
6. Охарактеризуйте енергонезалежну пам'ять CMOS.

ЛЕКЦІЯ 7 ОСНОВИ ТЕОРІЇ ВИМІРЮВАНЬ

Головні задачі інформаційно-вимірювальних систем безпосередньо пов'язані з передаванням, прийманням, обробкою, перетворенням і збереженням інформації. Тому характерне дослідження коливань досить широкого діапазону частот, при цьому важливо не тільки визначити значення вимірюваних величин, але й одержати дані про форму і спектр сигналів.

Діапазон вимірюваних величин надзвичайно широкий, наприклад, за потужністю – від долей мікровольт до сотень кіловат, за напругою – від долей мікрвольт до сотень тисяч вольт, за частотою – від 10^{-2} Гц до 3×10^{12} Гц і більше, за величиною опору – від 10^{-6} Ом до 10^{17} Ом і т.д. З ростом діапазону вимірюваних величин зростає і складність вимірювань. З причини широкого частотного діапазону вимірюваних величин виникають серйозні ускладнення при усуненні впливу підключених вимірювальних приладів на роботу досліджуваного пристрою. При цьому дуже важливо одержати достовірну інформацію про вимірювану величину.

Історія розвитку метрології

Метрологія як наука й область практичної діяльності виникла в древні часи. Основою системи мір у слов'ян були давньоєгипетські одиниці вимірювань, а вони у свою чергу були запозичені в Древній Греції і Римі. Природно, що кожна система мір відрізнялася своїми особливостями, зв'язаними не тільки з епохою, але і з національним менталітетом.

Історія розвитку метрології висвітлювалась у багатьох дослідженнях, зібрані численні відомості про становлення цієї науки. Вагомий внесок у розвиток метрології своїми працями здійснили такі вчені, як Г.І. Вільд, Б.С. Якобі, А.Я. Купфер, В.С. Глухов, Д.І. Менделєєв, Н.Г. Єгоров, Л.В. Запуцький, В.В. Бойцов

та ін.

Здавна людям досить часто доводилось мати справу з різними вимірюваннями: при будівництві споруд, при визначенні напрямку руху по морю з використанням астрономії, у торгівлі, при визначенні пропорцій людського тіла. У стародавні часи частини людського тіла використовувались як міра довжини:

ширина великого пальця— дюйм,
ширина долоні — пальма,
довжина стопи — фут.

На Київській Русі основними одиницями довжини були п'ядь і лікоть. П'ядь означала відстань між кінцями великого і вказівного пальця дорослої людини. Пізніше, коли з'явилася інша одиниця - аршин, п'ядь (1 /4 аршина) поступово вийшла з уживання.

Міра лікоть означала відстань від згину ліктя до кінця середнього пальця руки (іноді – стиснутого кулака або великого пальця).

Особливою мірою був сажень, що дорівнював трьом ліктям (близько 152 см) і косий сажень (близько 248 см). Ця міра згадується, ще в "Слові про зачав Києво- Печерського монастиря" літописця Нестора, у якому за 1017 рік повідомляється, що чернець Іларіон "іскопав себе печерку малу дву сажень". Сажень походить від дієслова досягати й означає можливість розмірів частин людського тіла. Сажень зокрема відповідає відстані розмаху рук дорослої людини..

В Англії ще в XVII ст. була прийнята одиниця міри довжини – фут (нога, стопа), яка дорівнювала 30,5 см. Болільники футболу знають, що розміри футбольних воріт становлять $7,2 \times 2,44$ м або ж 24×8 футів, оскільки Англія є батьківщиною футболу.

Різні народи нашої планети перебували на неоднакових стадіях розвитку, то й міри були різноманітні. Досить пригадати, що у XVII ст. в Європі було понад 100 різних футів, понад 120 фунтів, 46 миль та інших одиниць виміру.

У Київській Русі найпоширенішими мірами довжини були: верста, сажень, лікоть, аршин, ступня, долоня, вершок, палець (табл. 1.1); мірами ваги – пуд, гривня, гривенка, золотник, почка, пиріг тощо.

Таблиця 1.1

Давньоруські міри довжини

| Міра довжини | Величина |
|--------------|-----------|
| Верста | 1066,8 м |
| Сажень | 12,154 м |
| Аршин | 10,7112 м |

| | |
|--------|----------|
| Лікоть | 0,5385 м |
| Ступня | 0,359 м |
| Долоня | 89,9 мм |
| Вершок | 44,9 мм |
| Палець | 22,4 мм |

Для організації повірочної роботи було утворено спеціальний комітет, який у 1747 році розробив еталонний російський фунт (400 г) і визначив за норму довжини аршин (0,7112 м). Фунт і аршин у нашій державі використовувалися до впровадження метричної системи.

Першим хранителем Депо еталонних мір і ваги був призначений академік *А.Я.*

Купфер, відомий учений і метролог, який очолював Депо з 1842 до 1865р.

Метрологічна система мір

Зміцнення культурних і економічних зв'язків вимагало подальшого упорядкування системи мір з розробленням єдиної прийнятної для держав міжнародної одноманітної системи мір і ваги.

В кінці XVIII ст. у Франції національні збори ухвалили декрет про реформу системи мір і доручили Паризькій академії наук провести підготовчу роботу. Комісія під керівництвом Лагранжа запропонувала десятичну систему з кратними і дільними частинами, а комісія під керівництвом Лапласа запропонувала одиницю довжини $1/40\ 000\ 000$ частину довжини паризького меридіана. Цю одиницю назвали метр.

За одиницю маси було запропоновано масу 1 кубічного дециметра чистої води при температурі 4°C , яку назвали кілограмом. Таким чином, перша метрична система мір, у якій одиниці довжини, площі, об'єму і маси були чітко пов'язані між собою, була законодавчо прийнята 7 квітня 1795 року Національними зборами Франції.

22 червня 1799 року роботи над метричною системою були завершені, виготовлені із платини прототипи одиниці довжини у вигляді лінійки довжиною 1 метр, товщиною 4 мм і шириною 25 мм, а також одиниці маси — 1 кілограм у вигляді платинового циліндра висотою і діаметром 39 мм. Платинові прототипи метра і кілограма згодом передали на збереження до Національного Архіву у Франції.

20 травня 1875 року 17 держав-учасниць підписали міжнародну Метричну конвенцію, що мала важливе значення для міжнародної уніфікації одиниць вимірювання в міжнародному масштабі. Метрична конвенція — це перше свідчення міжнародного наукового співробітництва вчених Європи, Азії й Америки.

У 1889 році на Першій генеральній конференції з мір та ваги по дві копії нових прототипів метра № 11 і № 28 та кілограма № 12 і № 26, виготовлених із платино-іридієвого сплаву.

Разом з розвитком фундаментальної і практичної метрології відбувалося становлення законодавчої метрології.

Законодавча метрологія – це розділ метрології, що включає комплекси взаємозалежних і взаємообумовлених загальних правил, а також інші питання, що потребують регламентації і контролю з боку держави, які спрямовані на забезпечення єдності вимірювання і однаковості засобів вимірювання.

Законодавча метрологія є засобом державного регулювання метрологічної діяльності за допомогою законів і законодавчих положень, що вводяться в практику через Державну метрологічну службу, метрологічні служби державних органів управління і юридичних осіб.

Метрологічні правила і норми законодавчої метрології гармонізовані з рекомендаціями і документами відповідних міжнародних організацій. Тим самим законодавча метрологія сприяє розвитку міжнародних економічних і торговельних зв'язків і допомагає взаєморозумінню в міжнародному метрологічному співробітництві.

Без метрології сьогодні неможливе проведення наукових досліджень, які в свою чергу, формують основу розвитку самої метрології. Лише кращі сучасні вимірювальні технології та прилади дають можливість нових відкриттів, і лише дійсно розвинені галузі метрології можуть сприяти удосконаленню науки, промисловості та торгівлі.

24.12.1971 р. – організація Українського республіканського управління Держстандарту СРСР.

24.05.1991 р. – створення Державного комітету УРСР зі стандартизації, метрології та якості продукції.

Всесвітній день метрології відзначається щорічно 20 травня. Свято засноване Міжнародним Комітетом мір і ваг (МКМВ) у жовтні 1999 року, на 88 засіданні МКМВ.

Розвиток метрології в усі часи був неподільно пов'язаний із загальним розвитком науки, оскільки без уміння швидко, точно та правильно виконувати вимірювання найрізноманітніших фізичних величин неможливі ніякі наукові дослідження

Основні поняття вимірювань

Вимірювання – це один з найважливіших шляхів пізнання природи людиною. Вони дають кількісну характеристику навколишнього світу, розкриваючи закономірності в природі.

Згідно із Законом України «Про метрологію та метрологічну діяльність» та ДСТУ 2681-94:

Вимірювання – відображення фізичних величин їх значеннями за допомогою експерименту та обчислень із застосуванням спеціальних технічних засобів.

У цьому визначенні закладені такі **головні ознаки поняття «вимірювання»**:

- Вимірювати можна властивості реально існуючих об'єктів пізнання – фізичні величини;
- Вимірювання вимагає проведення дослідів, тобто теоретичні міркування чи розрахунки не замінять експеримент;
- Результатом вимірювання є фізична величина, що відображає значення вимірюваної величини.

Наука про вимірювання, методи і засоби забезпечення їх єдності і способи досягнення необхідної точності – це метрологія.

Предметом метрології є одержання кількісної інформації про властивості об'єктів і процесів із заданою точністю і достовірністю.

Метрологія має:

Філософський аспект – вимірювання є важливим універсальним методом пізнання фізичних явищ і процесів.

Науковий аспект – за допомогою вимірювання в науці відбувається зв'язок теорії з експериментом.

Технічний аспект – вимірювання забезпечують одержання кількісної і якісної інформації про об'єкт керування чи контролю, достовірність медичної та екологічної діагностики та інше.

Єдність вимірювань – стан вимірювань, який характеризується тим, що їх результат виражається в узаконених одиницях, розміри яких у встановлених межах дорівнюють розмірам одиниць, відтворених первинними еталонами, а похибки результатів вимірювань відомі та з заданою вірогідністю не виходять за встановлені межі.

Єдність вимірювань необхідна для того, щоб можна було зіставити результати вимірювань, проведених в різних місцях, в різний час, з використанням різних методів і засобів вимірювань.

До основних проблем метрології відносяться:

- Створення загальної теорії вимірювань;
- Утворення одиниць фізичних величин і систем одиниць;
- Розробка і стандартизація методів і засобів вимірювань, методів визначення точності вимірювань, основ забезпечення єдності вимірювань і одноманітності засобів вимірювань (так звана «законодавча метрологія»);
- Створення еталонів і зразкових засобів вимірювань, перевірка заходів і засобів вимірювань. Основною задачею даного напрямку є вироблення системи еталонів на основі фізичних констант.

Питання для самоконтролю

1. Опитшіть історію розвитку метрології, як науки про вимірювання.
2. Як відбувався розвиток законодавчої метрології?
3. Назвіть основні поняття вимірювань

4. Охарактеризуйте основні аспекти метрології
5. В чому полягає єдність вимірювань?

ЛЕКЦІЯ 8 ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ І ВЕЛИЧИНИ

Всі об'єкти навколишнього світу характеризуються своїми властивостями.

Властивість – це філософська категорія, яка виражає таку сторону об'єкта (явища, процесу), яка обумовлює його відмінність чи однаковість з іншими об'єктами (явищами, процесами).

Властивість – це категорія **якісна**. А для **кількісного** описання різних властивостей процесів і фізичних тіл вводиться поняття **величини**. **Величина** не існує сама по собі. Вона має місце тоді, коли існує об'єкт з властивостями, які виражені даною величиною.

Величини поділяють на **реальні** і **ідеальні**. Ідеальні головним чином відносяться до математики і є моделлю конкретних реальних понять. **Реальні** величини поділяють на фізичні і нефізичні.

Фізична величина (ФВ) властива матеріальним об'єктам. Нефізичні величини властиві суспільним (нефізичним) наукам – філософії, соціології.

Фізична величина – це одна із властивостей фізичного об'єкта, в якісному відношенні суспільна для багатьох фізичних об'єктів, а в кількісному – індивідуальна для кожного з них.

Кожна фізична величина відображує яку-небудь одну властивість, притаманну певній множині об'єктів матеріального всесвіту. Наприклад, маса як фізична величина характеризує інертні та гравітаційні властивості всіх тіл матеріального світу, що оточує нас; механічна сила є характеристикою взаємодії між тілами або їх частинами; прискорення відображує зміну швидкості тіл і т.д.

ФВ розрізняють за **родом, розміром, розмірністю**, їм присвоюються **найменування, матеріальні позначення**. Залежно від області фізичних явищ ФВ об'єднують у системи. Деякі з ФВ приймають а основні, інші називають похідними. Все це регламентується державними стандартами та іншими нормативними документами державної системи забезпечення єдності вимірювань.

Розміром ФВ називається кількісний вміст в даному матеріальному об'єкті властивості, що відповідає поняттю «фізична величина».

Системою ФВ називається сукупність величин, пов'язаних між собою певними залежностями. В такій системі кілька величин приймаються як незалежні (вони називаються основними), а решта визначаються як залежні від них (похідні).

Розмірністю ФВ називають вираз, який в умовних позначеннях відображує її зв'язок з основними величинами системи.

За міжнародним стандартом ISO 31/0-74 розмірність похідної величини X в системі, розмірності основних величин якої A_1, A_2, \dots, A_n , виражається так:

$$\dim X = A_1^{\alpha_1} \cdot A_2^{\alpha_2} \cdot \dots \cdot A_n^{\alpha_n},$$

де \dim – знак розмірності (скорочення слова dimension – розмірність);

$\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ – показники розмірності величини X відносно розмірностей основних величин (цілі додатні та від’ємні числа).

Системи фізичних величин і їх одиниць

Для того щоб можна було встановити для кожного об’єкта відмінність в кількісному складі властивості, що відображається фізичною величиною, в метрології введені поняття розміру ФВ і значення ФВ.

Розмір ФВ – це кількісних вміст в даному об’єкті якоїсь властивості.

Значення ФВ (x_n) – це оцінка її розміру в вигляді деякого числа прийнятих для неї одиниць:

$$x_n = N_x \cdot q_x.$$

де q_x – міра (одиниця ФВ); N_x – число, яке дорівнює відношенню значення величини до відповідної одиниці.

Істинне значення ФВ (X) – значення ФВ, яке ідеальним чином виражало би якісні та кількісні характеристики властивостей об’єкта. Експериментально визначити його *неможливо*.

Дійсне значення ФВ (x_d) – значення, виміряне експериментально, яке настільки наближається до істинного, що для даної задачі може бути прийняте замість нього. Визначають його по зразкових мірах і приладах, похибка яких порівняно з похибкою приладів, якими проводиться вимірювання, нехтовно мала.

В залежності від розміру одиниці буде змінюватись числове значення ФВ, в той час як розмір її буде тим самим.

Одиниця ФВ – це фізична величина фіксованого розміру, якій умовно присвоєно числове значення, що дорівнює одиниці.

Сукупність ФВ, коли одні величини приймаються за незалежні, а інші є їх функціями, називається **системою ФВ**. В назві системи ФВ використовують символи величин, прийнятих за основні. Наприклад, система величин механіки, в якій в якості основних використовується маса (M), довжина (L) і час (T), називається системою MLT .

Міжнародна система одиниць (СІ) (System International – SI) прийнята XI Генеральною конференцією мір і ваг у 1960 році є універсальною системою, уніфікованою по відношенню до всіх галузей вимірювань і використовує зручні для практики розміри основних і більшості похідних величин. Система СІ позначається символами $LMTIQNJ$, в ній обрано 7 основних ФВ: довжина (L), маса (M), час (T), сила електричного струму (I), температура (Q), кількість речовини (N) і сила світла (J); 2 додаткові і 111 похідних величин, з яких для вимірювання простору і часу – 11, механічних вимірювань – 19, електричних і магнітних – 31, теплових – 15, світлових – 15, акустичних – 10, вимірювань

іонізуючого випромінювання – 10. Основні, додаткові та похідні, що мають спеціальні назви, величини системи СІ приведені в табл. 1.2.

Таблиця 1.2

Основні, похідні та додаткові одиниці системи СІ

| Величина | | Одиниця | |
|------------------------------------|-------------------------|----------------|---------------------------|
| Назва | Розмірність | Назва | Вираз через одиниці СІ |
| Основні одиниці ФВ в системі СІ | | | |
| Довжина | L | метр | м |
| Маса | M | кілограм | кг |
| Час | T | секунда | с |
| Сила електронного струму | I | ампер | А |
| Температура | Q | Кельвін | К |
| Кількість речовини | N | моль | моль |
| Сила світла | J | кандела | кд |
| Похідні одиниці ФВ в системі СІ | | | |
| Частота | T^{-1} | Гц (герц) | s^{-1} |
| Сила, вага | $LM T^{-2}$ | Н (Ньютон) | $m \cdot kg \cdot s^{-2}$ |
| Тиск, механічна напруга | $L^{-1} M T^{-2}$ | Па (Паскаль) | |
| Енергія, робота, кількість теплоти | $L^2 M T^{-2}$ | Дж (Джоуль) | |
| Потужність | $L^2 M T^{-3}$ | Вт (ват) | |
| Кількість електрики | TI | Кл (Кулон) | |
| Електрична напруга, ЕРС | $L^2 M T^{-3} I^{-1}$ | В (Вольт) | |
| Електрична ємність | $L^{-2} M^{-1} T^4 I^2$ | Ф (фарад) | |
| Електричний опір | $L^2 M T^{-3} I^{-2}$ | Ом (ом) | |
| Електрична провідність | $L^{-2} M^{-1} T^3 I^2$ | См (сименс) | |
| Потік магнітної індукції | $L^2 M T^{-2} I^{-1}$ | Вб (Вебер) | |
| Магнітна індукція | $M T^{-2} I^{-1}$ | Тл (Тесла) | |
| Індуктивність | $L^2 M T^{-2} I^{-2}$ | Гн (Генрі) | |
| Світловий потік | J | лм (люмен) | |
| Освітленість | $L^{-2} J$ | лк (люкс) | |
| Додаткові одиниці ФВ в системі СІ | | | |
| Плоский кут | | радіан (рад) | |
| Тілесний кут | | стерадіан (ср) | |

Розміри метричних одиниць для багатьох випадків практики є незручними: вони дуже великі або дуже малі. Тому користуються кратними і дольними одиницями, які утворюються від початкової величини за принципом десяткової кратності і дольності – помноженням початкової величини на 10, яке піднесене в додатну або від’ємну степінь.

Кратні – це одиниці, що в ціле число разів перевищують системну одиницю. Наприклад, кілометр дорівнює 10^3 м, тобто кратно метру.

Дольна – це одиниця, значення якої в ціле число разів менше системної і позасистемної одиниці. Наприклад, міліметр дорівнює 10^{-3} м, тобто дольно метру.

Секунда дорівнює 9 192 631 770 періодам випромінювання, що відповідає переходові між двома надтонкими рівнями основного стану цезію-133.

Кілограм дорівнює масі міжнародного прототипу кілограму – циліндр зі сплаву платини і ірідія.

Ампер – дорівнює силі незмінного струму, який під час проходження двома паралельними прямолінійними проводами нескінченної довжини і нехтовно малої площі поперечного перерізу, розміщених у вакуумі на відстані 1 м один від одного, викликав би на кожній ділянці провідника завдовжки 1 м силу взаємодії у $2 \cdot 10^{-7}$ Н.

Кельвін дорівнює $1/273,16$ частині термодинамічної температури потрійної точки води.

Моль дорівнює кількості речовини, яка вміщує стільки ж структурних елементів, скільки міститься атомів у вуглеці – 12 масою 0,012 кг.

Кандела дорівнює силі світла у заданому напрямі джерела, що випускає монохроматичне випромінювання частотою $540 \cdot 10^{12}$ Гц, енергетична сила світла якого у цьому напрямі становить $1/638$ Вт/ср.

Радіан дорівнює куту між двома радіусами кола, дуга між якими дорівнює радіусу.

Стерадіан дорівнює тілесному куту з вершиною у центрі сфери, який вирізає на поверхні сфери площу, що дорівнює площі квадрата зі стороною, яка дорівнює радіусу сфери.

У практиці електрорадіовимірювань існують і відносні вимірювання – вимірювання відношень певної величини до одноіменної, яка відіграє роль одиниці або приймається за вихідну. Наприклад: вимірювання відношень напруг або потужностей, дослідження різних частотних характеристик електронних кіл тощо.

Питання для самоконтролю

1. Що таке властивість величин?
2. Що таке реальні та ідеальні величини?
3. За якими показниками розрізняють фізичні величини?

4. Що таке міжнародна система одиниць СІ?
5. Що таке кратні і дольні одиниці?

ЛЕКЦІЯ 9 ШКАЛИ ВИМІРЮВАНЬ

У практичній діяльності необхідно проводити вимірювання різних величин, які характеризують властивості тіл, речовин, явищ і процесів. Деякі властивості проявляються тільки якісно, інші – кількісно. Різноманітні прояви будь-якої властивості створюють множини. Відображення елементів цих множин на впорядковану множину чисел або умовних знаків створюють шкали вимірювань.

Шкала вимірювань – це послідовний ряд значень однорідної фізичної величини, які присвоєні цій величині відповідно до узгоджених правил. Наприклад, шкала міцності матеріалів, температурна шкала тощо.

У метрології застосовують такі види шкал вимірювань:

- шкали назв (шкали класифікації);
- рангові шкали (шкали порядку);
- шкали інтервалів;
- шкали відношень;
- абсолютні шкали.

1. Шкала назв. Така шкала заснована на приписуванні об'єкту цифр (знаків), що відіграють роль простих імен. Найчастіше такі шкали використовуються для класифікації емпіричних об'єктів. Цей тип шкал найпростіший і нумерація здійснюється за принципом «не приписуй одну й ту саму цифру різним об'єктам». У таких шкал відсутнє поняття нуля, «більше» чи «менше» і одиниці вимірювань. Наприклад, атлас кольорів, призначений для ідентифікації кольору; перелік систем вимірювальних механізмів: магнітоелектрична, електромагнітна, випрямна, термоелектрична, електродинамічна, електростатична та ін.

2. Шкала порядку (рангів). Якщо властивість даного об'єкта проявляє себе кількісно за зростанням чи спаданням, то для неї можна побудувати шкалу порядку. Впорядкований ряд називають ранжируваним рядом. Деякі точки ранжируваного ряду фіксовані в якості відправних (реперних). Цим точкам можуть бути поставлені у відповідність цифри (бали). Наприклад, сила землетрусу; 12-бальна шкала Бофорта для сили морського вітру: штиль – 0 балів, ураган – 12 балів, шкала Мооса для визначення твердості мінералів, яка має 10 опорних (реперних) мінералів з різними числами твердості: тальк – 1, кальцій – 3, кварц – 7, алмаз – 10.

3. Шкала інтервалів. Ця шкала утворена з чітко визначених інтервалів. Має одиницю вимірювання і довільно вибраний початок – нульову точку.

Наприклад, час вимірюють за шкалою, розділеною на інтервали, які дорівнюють періоду обертання Землі навколо Сонця – *роки*. Ці інтервали в свою чергу розділяють на менші – *добы*, які дорівнюють періоду обертання Землі навколо своєї осі; доби розділяють на *години*; години – на *хвилини*; хвилини – на *секунди*.

Шкали інтервалів у деяких випадках одержують пропорційним поділом інтервалів між двома реперними точками. Наприклад, у температурній шкалі Цельсія один градус ($^{\circ}\text{C}$) дорівнює $1/100$ інтервалу між температурою плавлення льоду, прийнятою за початок відліку (0°C), і температурою кипіння води (100°C). На шкалі температур Фаренгейта той самий інтервал між точками замерзання й кипіння води розбитий на 180 градусів, а початок відліку зміщений відносно 0°C на 32°F у бік низьких температур. Отже, $180^{\circ}\text{F} = 100^{\circ}\text{C}$, тобто $1^{\circ}\text{F} < 1^{\circ}\text{C}$.

За шкалою інтервалів можна визначити наскільки один розмір більший чи менший від іншого. Однак визначити у скільки разів – неможливо, оскільки початок відліку вибраний довільно. Тому визначити за шкалою інтервалів абсолютне значення неможливо

4. Шкали відношень. Шкала, в якій за початок відліку прийнята реперна точка з дійсно нульовим розміром величини, називається *шкалою відношень*. Прикладом шкали відношень є температурна шкала Кельвіна. В ній за початок відліку прийнятий абсолютний нуль температури, за якої, вважається, припиняється тепловий рух молекул. Нижчої температури, ніж абсолютний нуль, в принципі не може бути. Другою реперною точкою прийнята температура плавлення льоду. За шкалою Цельсія інтервал між цими реперними точками дорівнює $273,16^{\circ}\text{C}$. Тому на шкалі Кельвіна його ділять на рівні частини, одна з яких дорівнює $1/273,16$ інтервалу між реперними точками і називається *кельвіном*.

Шкали відношень є найдосконалішими з усіх вимірювальних шкал. На них можна виконувати всі арифметичні дії (додавання, віднімання, множення та ділення). Ці шкали найширше застосовують у метрології, зокрема для вимірювання електричних величин: сили електричного струму, електричного опору тощо.

5. Абсолютні шкали. Це шкали, які мають всі ознаки шкал відношень, але додатково мають однозначне визначення одиниці вимірювань і не залежать від прийнятої системи одиниць: коефіцієнт підсилення, ослаблення тощо.

Загальна класифікація вимірювань

Як було зазначено раніше, суть вимірювання полягає у порівнянні вимірюваної величини з деяким її значенням, прийнятим за одиницю. Будь-яке вимірювання здійснюється за допомогою обов'язкового виконання фізичного експерименту, в якому взаємодіють об'єкт вимірювання і засоби вимірювальної техніки, а також, якщо необхідно, виконанням певних обчислювальних процедур над отриманими результатами.

Вимірювання можна характеризувати з різних сторін, враховуючи їх

різні ознаки. Основні класифікаційні ознаки вимірювань відображено на рис. 1.1.

За фізичним принципом, покладеним в основу вимірювання, а також залежно від галузі науки і технології розрізняють електричні, магнітні, механічні, акустичні, оптичні, квантові, хімічні та інші вимірювання.

За способом порівняння з мірою розрізняють такі методи вимірювань: безпосереднього оцінювання, порівняння з мірою та комбіновані.

За способом отримання результату розрізняють прямі та непрямі вимірювання, а останні розділяють на опосередковані, сумісні та сукупні вимірювання.

За кількістю опрацьовуваних первинних результатів розрізняють разові (однократні) та багаторазові (багатократні) вимірювання.

За характером взаємодії ЗВ з об'єктом дослідження розрізняють контактні та безконтактні вимірювання.

За характером зміни величин та показів вимірювальних засобів розрізняють статичні та динамічні вимірювання.

За оцінюванням точності результатів вимірювань розрізняють технічні, лабораторні, науково-дослідні та метрологічні (еталонні) вимірювання

Способи отримання результатів вимірювань

За способом отримання результату розрізняють прямі та непрямі вимірювання, а останні поділяють на опосередковані, сумісні та сукупні вимірювання.

Прямі вимірювання – при яких фізичні величини знаходяться безпосередньо з дослідних даних. Наприклад, напруга вимірюється вольтметром, струм – амперметром, опір – омметром, розмір – лінійкою і т.д. Математично прямі вимірювання можна охарактеризувати елементарною формулою $A = x$, де x – значення виміряної величини.

Непрямі опосередковані вимірювання – при яких фізичні величини знаходяться за відомими формулами, в які входять величини, що вимірюються безпосередньо і називаються аргументами. Опосередковані вимірювання можна охарактеризувати такою формулою:

$A = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, де x_1, x_2, \dots, x_n – результати прямих вимірювань величин, пов'язаних відомою функціональною залежністю f .

Наприклад, при визначенні густини струму j прямими вимірюваннями визначають струм I і розмір, який визначає площу поперечного перетину S , і далі розраховують $j = I / S$. Аналогічно для визначення питомого опору матеріалу \square необхідно виміряти опір матеріалу R , його довжину l і площу поперечного перетину.

Основні операції процесу вимірювання

Будь-яке вимірювання здійснюється за допомогою обов'язкового виконання фізичного експерименту, в якому взаємодіють об'єкт вимірювання і засоби вимірювальної техніки, що мають нормовані метрологічні характеристики.

Основними компонентами вимірювального процесу є: об'єкт вимірювання з конкретною вимірюваною величиною, метод і методика вимірювання, засоби вимірювальної техніки, умови вимірювань, обчислювальні засоби і методи, результати вимірювань, методика їх опрацювання та способи подання кінцевих результатів вимірювання



Рисунок 1. Елементи вимірювального процесу.

В процесі вимірювання виконуються такі метрологічні операції:

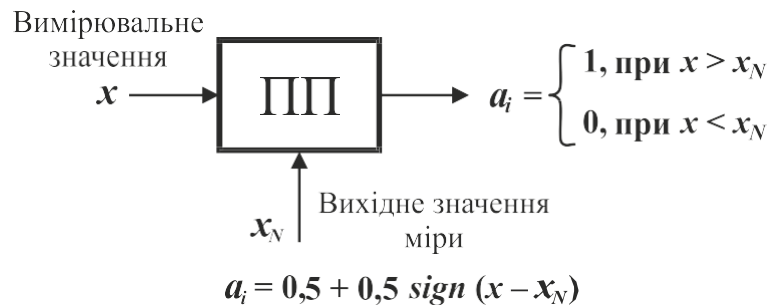
- відтворення фізичної величини заданого розміру (створення міри);
- порівняння (порівнюються дві однорідні фізичні величини: одна з них – вимірювана, а друга – вихідне квантоване значення міри);
- вимірювальне перетворення (якщо для фізичної величини не існує міри і пристрою порівняння, тоді фізичну величину однієї природи перетворюють у пропорційне значення фізичної величини іншої природи);
- масштабне перетворення – зміна розміру фізичної величини в задане число разів без зміни природи цієї величини.

Для реалізації вимірювання в найпростішому випадку необхідно провести операцію *відтворення ряду величин* з відомими розмірами (відтворення міри) і операцію *порівняння* фізичної величини з мірою. Видача результатів вимірювання відбувається тоді, коли різниця між невідомою фізичною величиною x і відтвореною мірою x_N не стане меншою кроку квантування міри q_x (мінімальне значення міри, яке приймається за одиницю даної величини) або її долі. Для розширення діапазону вимірювання та підвищення точності вимірювання використовують операцію *масштабування*.

Вимірювання величин, які змінюються в широкому діапазоні значень, вимагає відтворення багатозначних мір, які змінюються з часом або одночасно мають різні величини

Порівняння – сукупність прийомів для визначення співвідношення двох однорідних величин, одна з яких вимірювана, а друга – вихідне значення міри.

Для виконання цієї операції використовують *пристрій порівняння* (в схемотехніці називається компаратор).



Пристрій порівняння може бути виконаний на основі віднімання або ділення.

Вимірювальне перетворення – це є перетворення фізичної величини однієї природи в фізичну величину іншої природи (для якої є міра і пристрій порівняння). Ця операція виконується, якщо для вимірюваної величини не створено міри і пристрою порівняння.

Метод вимірювання – це визначена послідовність виконання метрологічних операцій для знаходження значення вимірюваної величини. Всі без винятку методи вимірювань є різновидами одного єдиного методу – методу порівняння з мірою, коли вимірювану величину порівнюють з величиною, відтвореною мірою. Розрізняють такі різновиди цього методу: метод безпосередньої оцінки (значення вимірюваної величини визначають безпосередньо на відліковому пристрої багатозначної міри, на яку діє сигнал вимірюваної інформації, наприклад, вимірювання електричної напруги вольтметром); метод протиставлення (вимірювана величина і величина, відтворена мірою, одночасно діють на прилад порівняння – компаратор, за допомогою якого встановлюється співвідношення між ними).

Питання для самоконтролю

1. Надайте визначення поняття шкала вимірювань
2. Які види шкал вимірювань застосовують у метрології
3. Надайте загальну характеристику вимірювань
4. Які ви знаєте способи отримання результатів вимірювань
5. Що собою представляють основні операції процесу вимірювання
6. Що таке вимірювальне перетворення?

ЛЕКЦІЯ 10 ЗАСОБИ ВИМІРЮВАННЯ

Засобом вимірювання називають технічний засіб, який використовується при вимірюваннях і який має нормовані метрологічні характеристики.

За призначенням засоби вимірювання в метрології поділяють на міри, вимірювальні прилади, вимірювальні перетворювачі, вимірювальні установки і системи.

Міра – засіб вимірювання, призначений для відтворення фізичної величини заданого розміру (значення). В якості міри, наприклад, використовуються: кварцевий автогенератор (частота його коливань) – міра частоти електричних коливань; вимірювальний резистор – міра електричного опору; вимірювальний конденсатор – міра електричної ємності тощо.

У розділі 1.8 описаний принцип створення одноканальних і багатоканальних (регульованих і нерегульованих) мір.

Вимірювальний прилад – засіб вимірювання, призначений для вироблення певного виду сигналу вимірювальної інформації у формі, доступній для безпосереднього сприйняття оператором.

Вимірювальний перетворювач – засіб вимірювання, призначений для вироблення сигналу вимірювальної інформації у формі, зручній для передачі, перетворення, обробки і збереження, але без безпосереднього сприйняття оператором. Вимірювальні перетворювачі можуть входити в склад вимірювальних приладів, а також використовуватись самостійно.

Масштабний перетворювач – вимірювальний перетворювач, призначений для зміни величини в задане число разів. Наприклад: вимірювальний трансформатор струму, подільник напруги, вимірювальний підсилювач.

Вимірювальними пристроями називають засоби вимірювання, що включають вимірювальні прилади і перетворювачі.

Вимірювальна установка – сукупність функціонально об'єднаних засобів вимірювання і допоміжних пристроїв, призначена для вироблення сигналів вимірювальної інформації у формі, зручній для безпосереднього сприйняття спостерігачем, і розташованих в одному місці.

Вимірювальна система – сукупність засобів вимірювання і допоміжних пристроїв, зв'язаних між собою каналами зв'язку, призначена для вироблення сигналів вимірювальної інформації у формі, зручній для автоматичної обробки, передачі і використання в різноманітних системах управління.

Вимірювальні прилади за принципом дії можна розділити на *електромеханічні і електронні*. До складу електронних приладів в якості відлікового вузла можуть входити електромеханічні пристрої. За **структурною схемою** електронні прилади поділяються на *аналогові і цифрові*.

Аналоговий вимірювальний прилад – засіб вимірювання, покази якого є неперервною функцією вимірюваної величини.

Цифровий вимірювальний прилад – засіб вимірювання, який автоматично виробляє дискретні сигнали вимірювальної інформації, а його покази представлені в цифровій формі.

Всі радіотехнічні вимірювальні прилади і відповідні їм міри електричних величин за характером вимірювань і видом вимірюваних величин розділені на

підгрупи, які позначені прописними буквами українського алфавіту. Всі вимірювальні прилади поділені на 20 підгруп:

А – для вимірювання сили струму; Б – джерела живлення;

В – вимірювання напруги;

Г – генератори вимірювальні;

С – для спостереження, вимірювання і дослідження форми сигналів і їх спектрів;

Ч – для вимірювання частоти та інш.

Вимірювальні прилади, що входять у підгрупу, поділяються на види у відповідності до їх основної функції. Видам присвоєно буквенно-цифрове позначення, що складається з букви підгрупи і номера виду. Наприклад, вид

«Вольтметри змінного струму» позначається В3, вид «Вольтметри імпульсного струму» - В4 та інш.

Вимірювальні прилади характеризуються наступними основними показниками:

Діапазон вимірювань – область значень вимірюваної величини, для якої похибка вимірювального приладу нормовані.

Границі вимірювань – найбільше і найменше значення діапазону вимірювань.

Область робочих частот (діапазон частот) – смуга частот, в межах якої похибка приладу, що виникла при зміні частоти, не перевищує допустимої границі.

Ціна поділки шкали – різниця значень вимірюваної величини між двома сусідніми позначками шкали.

Чутливість за вимірюваним параметром – відношення зміни сигналу на виході вимірювального приладу Δu до зміни вимірюваної величини Δx .

Роздільна здатність (абсолютна) – мінімальна різниця двох значень вимірюваних однорідних величин, яку можна розрізнити за допомогою приладу.

Вхідний опір (повний) $Z_{вх}$ – опір вимірювального приладу зі сторони його вхідних зажимів. Щоб не впливати на вимірювальне коло, вимірювальні прилади повинні мати великий, наскільки це можливо, активний опір $R_{вх}$ і малу вхідну ємність $C_{вх}$.

Еталони одиниць фізичних величин

Будь-який процес вимірювання – це порівняння величини з деякою мірою, яка призначена для відтворення даної фізичної величини. При цьому міра може бути як фізичним тілом визначеної форми, так і сукупністю багатьох деталей з визначеним взаємозв'язком (наприклад, радіотехнічний пристрій). Для кожної з одиниць основних фізичних величин існує ієрархічна система мір, в основі якої знаходяться міри для робочих (технічних) вимірювань, а на вершині – еталони.

Еталон одиниці фізичної величини – засіб вимірювання (або комплекс засобів вимірювання), призначений для зберігання і відтворення одиниці даної

величини. Призначення еталона – передача розміру одиниці фізичної величини мірам, що в ієрархії знаходяться нижче.

Еталон виготовляється за особливою технологією і офіційно затверджується Генеральною конференцією мір і ваг. Систему передачі одиниць фізичних величин можна представити у вигляді ієрархічної схеми.

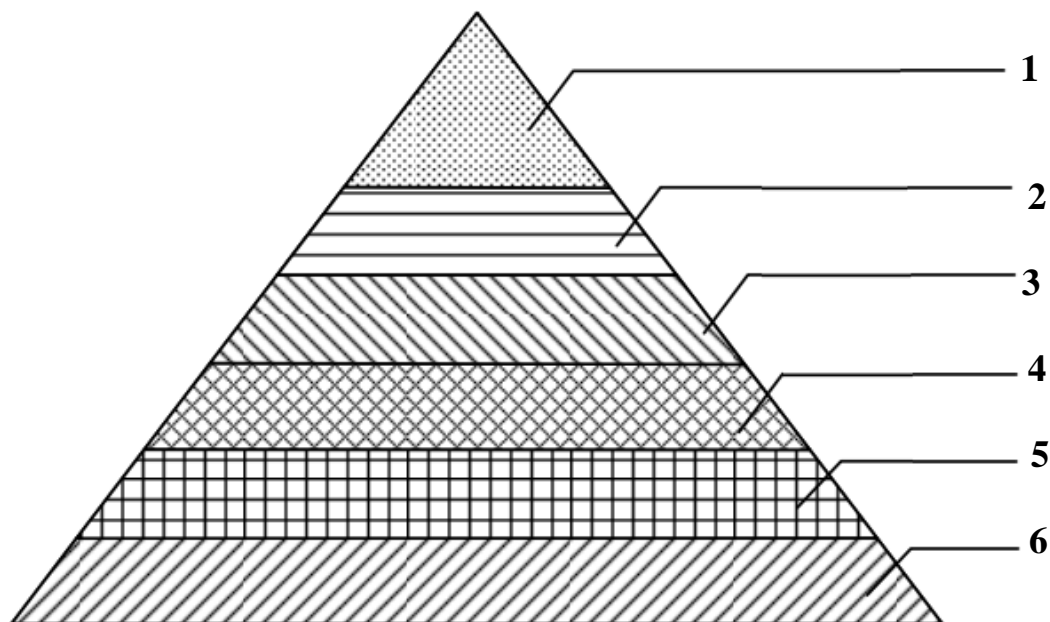


Рисунок 2. Схема передачі одиниць фізичних величин від еталонів до робочих засобів вимірювань.

- 1 – міжнародний еталон величини (первинний);
- 2 – державний еталон величини;
- 3 – робочі еталони першого розряду;
- 4 – робочі еталони другого розряду;
- 5 – робочі еталони третього розряду;
- 6 – робочі (технічні) засоби вимірювань.

За визначенням Генеральної конференції мір і ваг похибка первинного еталону визначається тільки сучасним станом розвитку науки і техніки, тобто первинний еталон прирівнюється до фундаментальних фізичних сталих (швидкість світла, заряд електрона тощо) і він повинен бути тільки один. Величина первинного еталону передається еталону-копії, а далі формується **піраміда зразкових мір** - робочих еталонів різних послідовно знижуваних класів точності. В основі цієї піраміди знаходиться величезна кількість технічних засобів вимірювання, заснованих на різноманітних фізичних принципах. З точки зору метрології їх об'єднує те, що їх похибки визначаються класом точності, встановленим за зразковою мірою більш високого класу точності.

Питання для самоконтролю

1. Що називають засобом вимірювання?
2. Що таке вимірювальний прилад?
3. Що називають еталоном одиниці фізичної величини?
4. Охарактеризуйте схему передачі одиниць фізичних величин від еталонів до робочих засобів вимірювань
5. Що таке піраміда зразкових мір?

ЛЕКЦІЯ 11 ПОХИБКИ ВИМІРЮВАНЬ

Класифікація похибок

Якими б точними і досконалими не були б засоби і методи вимірювання і як б ретельно не виконувались самі вимірювання, їх результат завжди відрізняється від істинного значення вимірюваної фізичної величини, тобто знаходиться з деякою похибкою.

Джерелом похибок можуть бути: недосконалість використовуваних методів і засобів вимірювань, мінливість впливаючих на результат вимірювань фізичних величин, а також індивідуальні особливості експериментатора. Крім того, на точність вимірювань впливають зовнішні і внутрішні перешкоди, кліматичні умови і поріг чутливості вимірювального приладу.

Вимірювання можна вважати закінченим, якщо повністю визначене не тільки значення вимірюваної фізичної величини, а і можливий рівень його відхилення від істинного значення.

Для введення поняття «похибка» потрібно визначити і чітко розмежувати три поняття: істинне і дійсне значення вимірюваної фізичної величини і результат вимірювання.

Істинне значення – це значення, що ідеально відображає властивість даного об'єкта, як кількісно так і якісно. Воно є тою абсолютною істиною, до якої ми прямуємо, щоб виразити її у вигляді числових значень. На практиці це абстрактне поняття приходить замінити поняттям «дійсне значення».

Дійсне значення фізичної величини – це значення, яке знайдене експериментально і настільки наближене до істинного, що може бути використане замість нього.

Результат вимірювання являє собою наближену оцінку істинного значення величини, що знайдена шляхом вимірювання.

В метрології використовують поняття «похибка результату вимірювання» і «похибка засобу вимірювання». Похибка результату вимірювання це різниця між результатом вимірювання x та істинним (або дійсним) значенням X вимірюваної величини.

Похибка засобу вимірювання – це різниця між показанням засобу вимірювання і істинним (дійсним) значенням вимірюваної величини. Вона характеризує точність результатів вимірювань, які проведені даним засобом. Ці два поняття близькі між собою і їх класифікують за однаковими ознаками.

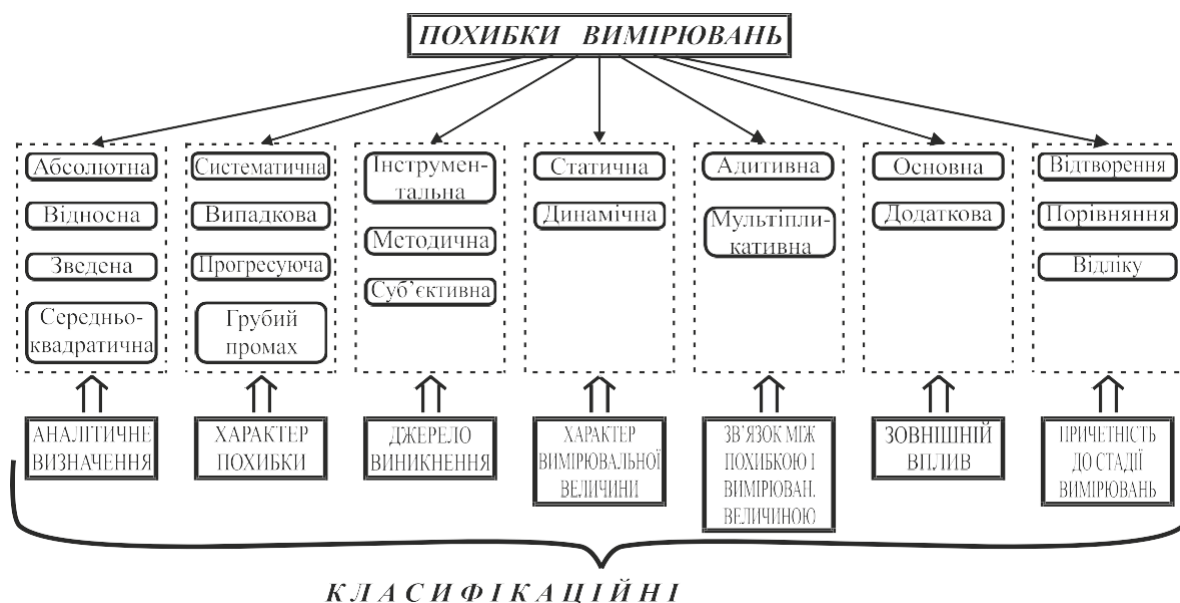


Рисунок 3. Систематизація похибок вимірювань за класифікаційними ознаками

За характером прояву похибки поділяють на систематичні, випадкові, прогресуючі та грубі (промахи).

Систематичні похибки – це складові похибки вимірювань, які залишаються постійними або закономірно змінюються при повторних вимірюваннях тієї ж фізичної величини за одних і тих же умов.

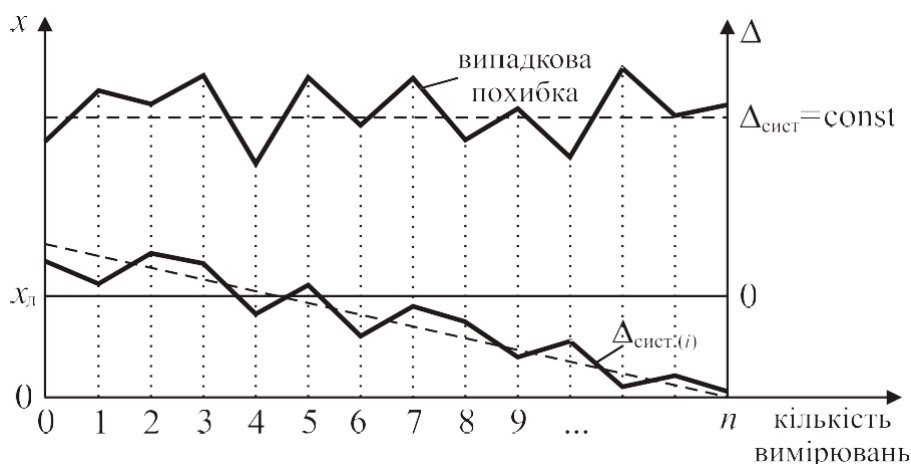


Рисунок 4. Похибки засобів вимірювання

Систематичні похибки можна завбачити, виявити і завдяки цьому майже повністю *усунути*, якщо ввести відповідну *поправку*.

Випадкова похибка – складова похибки вимірювань, яка змінюється випадковим чином (за знаком і значенням) в серії повторних вимірювань одного і того ж розміру фізичної величини, якщо ці вимірювання проведені в однакових умовах. В появі таких похибок (рис. 4) не спостерігається ніяких закономірностей. Вони виявляються при повторних вимірюваннях однієї і тієї ж величини у вигляді деякого розсіювання результатів вимірювання. Випадкові похибки неминучі, вони завжди присутні в результаті вимірювання. На відміну від систематичних їх не можна виключити з результату вимірювання введенням поправки, але можна суттєво зменшити шляхом проведення багатократних вимірювань і наступною статистичною обробкою одержаних результатів.

Прогресуюча (дрейфова) похибка – це непередбачувана похибка, що повільно змінюється в часі. Ця похибка специфічна для нестационарних випадкових процесів.

Груба похибка (промах) – це випадкова похибка результату окремого спостереження, що входить в ряд вимірювань, яка для даних умов різко відрізняється від інших результатів цього ряду.

Такі похибки виникають через помилки або неправильні дії оператора (невірний відлік, помилки в записах або обрахунках, неправильне включення приладів чи збої в роботі).

За способом вираження розрізняють абсолютну, відносну і приведену (зведену) похибки.

Абсолютною похибкою називається відхилення результату вимірювання x від істинного значення X .

Однак в повній мірі абсолютна похибка не може бути показником точності вимірювань, оскільки одне і те ж значення, наприклад, $X = 0,05$ мА при $x = 100$ мА відповідає достатньо високій точності вимірювань, а при $x = 1$ мА – низькій. Тому вводиться поняття *відносної похибки* – відношення абсолютної похибки до істинного значення вимірюваної величини.

Таблиця 1.3

Категорії засобів вимірювань за критерієм точності.

| Критерії точності | Відносна похибка, % |
|------------------------|---------------------|
| Надвисока (прецизійна) | $\leq 0,01$ |
| Висока | 0,1...0,01 |
| Середня | 1 |
| Низька | 10...20 |

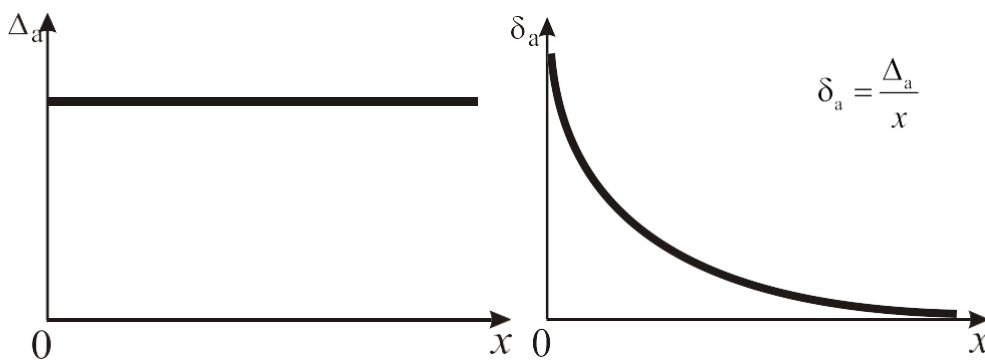
Відносна похибка дозволяє порівнювати точність вимірювань та відносити її результати до категорій якості засобів вимірювань. Зокрема, в таблиці дано розподіл категорій якості засобів вимірювань за критерієм точності.

З досвіду відомо, що більшість (до 90%) вимірювань відноситься до категорії середньо точних, що практично задовольняє вимоги переважної більшості споживачів, які працюють у галузях експлуатації технічних засобів. Сучасна тенденція – підвищення вимог до точності вимірювань. Разом з тим слід підкреслити, що необґрунтоване застосування високоточних засобів вимірювань там, де можуть бути використані менш точні, призводить до не виправданих витрат матеріальних та фінансових ресурсів.

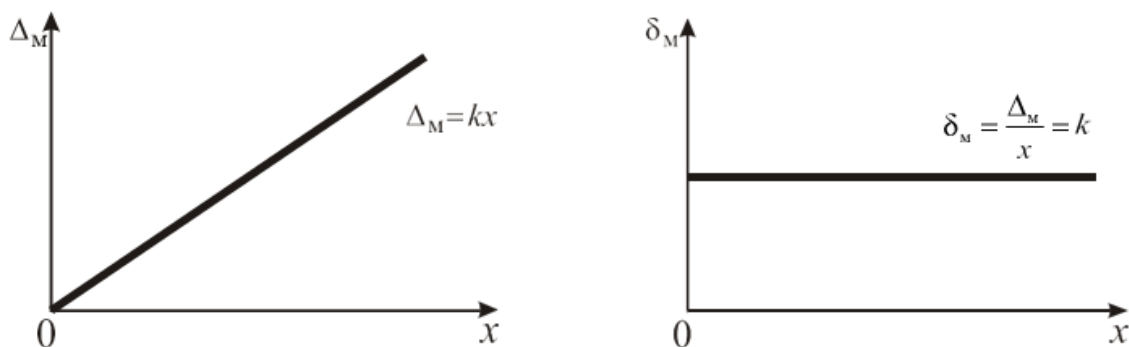
Зв'язок похибки з вимірюваною фізичною величиною

За залежністю абсолютної похибки від значення вимірюваної величини розрізняють похибки:

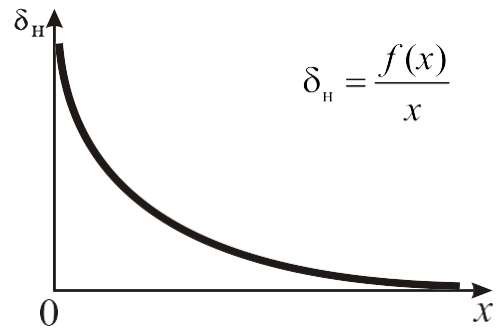
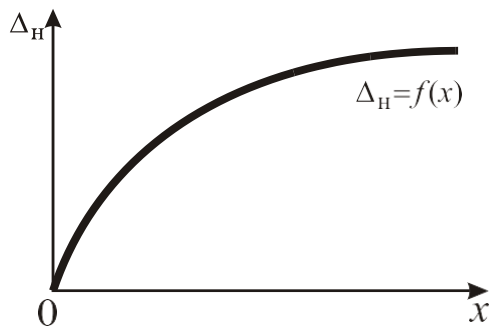
адитивні - що не залежить від вимірюваної величини



- *мультиплікативні* \square_M , які прямо пропорційні вимірюваній величині;



- *нелінійні* - які мають нелінійну залежність від вимірюваної величини;



Причини виникнення адитивних похибок:

адитивні похибки пов'язані з неточністю установки на нуль стрілки приладу перед вимірюванням та неточність відліку, термо ЕРС в ланцюгах постійного струму, тертя в опорах, шуми, наведення, вібрації.

Причини виникнення мультиплікативних похибок:

нестабільність коефіцієнта підсилення підсилювача, старіння елементів і вузлів приладів (зміна жорсткості мембрани датчика манометра або пружини приладу, зміна опорної (еталонної) напруги в цифровому вольтметрі та інше), вплив зовнішніх факторів.

Причини виникнення нелінійних похибок:

нелінійна похибка виникає через нелінійні зміни частотних характеристик підсилювачів тощо.

За впливом зовнішніх умов похибки ЗВ поділяють на *основні* і *додаткові*.

Основна похибка визначається в нормальних умовах використання ЗВ. Для кожного ЗВ в нормативно-технічних документах вказується умови експлуатації (температура навколишнього середовища, вологість, тиск, напруга і частота мережі, тощо).

Додатковою називають похибку ЗВ, що виникає внаслідок відхилення умов експлуатації приладу від умов, прийнятих за нормальні.

За характером поведінки зміни вимірюваних величин протягом часу вимірювання похибки ЗВ ділять на *статичні* і *динамічні*.

Статична похибка ЗВ – це така, що залишається незмінною за весь час проведення вимірювання.

Якщо при проведенні вимірювань величина, що вимірюється, змінюється за значенням, то похибка, що виникає, буде *динамічною*. Вона обумовлена невідповідністю реакції ЗВ на швидкість (частоту) зміни вимірюваного сигналу.

В залежності від причин виникнення похибки діляться на *інструментальні, методичні* і *суб'єктивні*

Інструментальні похибки обумовлені похибками самого засобу вимірювання, їх ще називають апаратними. Причиною інструментальних похибок можуть бути, наприклад, неточне градуювання приладу, зсув нуля, зміна показань в процесі експлуатації тощо. Інструментальні похибки зменшують використовуючи більш точні прилади.

Методичні похибки обумовлені:

відмінністю прийнятої моделі об'єкта вимірювання від моделі, яка адекватно описує його властивості, визначені шляхом вимірювання;
впливом способів використання засобів вимірювань.

Наприклад, вольтметр з кінцевим значенням внутрішнього опору шунтує ділянку кола, на якій вимірюється напруга;

впливом алгоритмів (формул), за якими проводиться обчислення результатів вимірювань.

Іноді методична похибка є вимушеною, оскільки безпомилкова процедура вимірювань неможлива. Наприклад, методична похибка аналого-цифрового перетворення є вимушеною, оскільки принципово неможливо перетворити аналогову величину, що має нескінчену кількість значень, у цифрову, яка виражається кінцевим числом.

Відмінною особливістю методичних похибок є те, що їх неможливо вказати в нормативно-технічній документації даного засобу вимірювання. В зв'язку з цим оператор повинен чітко розрізняти фактично виміряну ним величину і ту, яку треба було виміряти.

Суб'єктивна (особиста) похибка обумовлена похибкою відліку оператором показів на шкалах засобу вимірювання, діаграмах реєструючих приладів. Вони викликані станом оператора, недосконалістю органів відчуття, ергономічними якостями засобів вимірювань. Таку похибку визначають на основі нормованої номінальної ціни поділки вимірювального приладу з врахуванням здібностей «середнього оператора» до інтерполяції в границях поділки шкали.

Способи виявлення і усунення систематичних похибок

Результати спостережень, одержуваних при наявності систематичних похибок, називають *невиправленими*. При проведенні вимірювань намагаються виключити або врахувати вплив систематичних похибок.

Цього можна досягнути таким чином:

- виключенням джерел похибок до початку вимірювань;
- визначенням поправок і внесенням їх в результат вимірювання;
- оцінкою границь невиключених систематичних похибок.

Зменшити постійну складову систематичної похибки можна такими методами:

– метод заміщення, коли заміняють вимірювану величину відомою величиною, причому так, щоб покази вимірювального приладу збереглися незмінними. Для реалізації цього методу потрібна регульована міра, величина якої однорідна з вимірюваною. Наприклад, вимірювання опору за допомогою моста постійного струму і мір опорів.

– метод протиставлення, коли вимірювання виконується два рази і проводиться так, щоб в обох випадках причина постійної похибки чинила різні, але відомі по закономірності, впливи на результати спостережень.

– метод компенсації похибки за знаком, коли проводиться вимірювання з двома спостереженнями, проведеними таким чином, щоб постійна систематична похибка входила в результат кожного з них з різними знаками.

– метод рандомізації (від англ. random – випадковий хаотичний; в перекладі означає перемішування, створення безпорядку, хаосу) – заснований на принципі переведення систематичних похибок у випадкові. Він є найбільш універсальним методом виключення невідомих постійних систематичних похибок. Одна і та сама величина вимірюється різними методами (приладами). Систематичні похибки кожного разу є різними випадковими величинами. Внаслідок цього при збільшенні числа використаних методів (приладів) систематичні похибки взаємокомпенсуються. Однак при реальних вимірюваннях завжди залишаються не виключенні залишки систематичних похибок.

Питання для самоконтролю

1. Наведіть класифікацію похибок вимірювань.
2. Що таке дісне значення та істинне значення фізичної величини?
3. Назвіть способи виявлення і усунення систематичних похибок.
4. Які результати спостережень називають невикористаними?
5. Назвіть причини виникнення мультиплікативних похибок?
6. Назвіть причини виникнення нелінійних похибок?
7. Назвіть причини виникнення адитивних похибок?
8. Охарактеризуйте метод рандомізації.

ЛЕКЦІЯ 12

НОРМУВАННЯ ПОХИБОК ТА КЛАСИ ТОЧНОСТІ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

Нормування похибок (засобів вимірювання «ЗВ») полягає у встановленні границь допустимих похибок, за які значення похибок не повинні виходити ні під час встановлення ЗВ, ні під час його експлуатації. Допустимі границі основної і додаткових похибок ЗВ згідно з ГОСТом 8.401-80 встановлюють у формі абсолютних, відносних та зведених похибок в залежності від характеру зміни похибок у межах діапазону вимірювання, а також від умов застосування і призначення ЗВ.

Максимальна основна похибка вимірювального приладу, за якою він допускається до використання називається границею допустимої основної похибки.

Клас точності засобу вимірювання

Клас точності ЗВ – це узагальнена характеристика ЗВ, яка визначається границями його допустимих основної та додаткової похибок. Клас точності ЗВ

характеризує його властивості щодо точності, але не є безпосереднім показником точності вимірювань. Тобто клас точності – це не похибка ЗВ, а характеристика, за допомогою якої можна оцінити похибку ЗВ. Можна застосувати вимірювальний прилад високого класу точності, але неправильно виконати вимірювальний експеримент, наприклад, здійснити відлік на початку діапазону вимірювання, і, в результаті, отримати велику похибку показу приладу.

Клас точності ЗВ зазвичай позначають одним числом (наприклад, клас точності 0,2), або двома числами, розділеними дробовою рисою (наприклад, клас точності 0,1/0,02). Числове значення класу точності ЗВ вказують або безпосередньо на ньому (наприклад на циферблаті аналогового вимірювального приладу), або в паспорті приладу (наприклад для цифрових вимірювальних приладів).

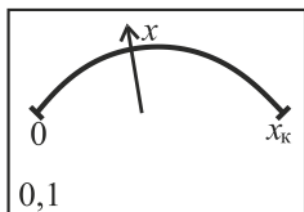
Оцінювання основної похибки засобу вимірювання

Методика визначення граничного значення основної похибки ЗВ залежить від способу її нормування та форми вираження класу точності ЗВ. Розглянемо основні випадки оцінювання основної похибки ЗВ.

1. Клас точності ЗВ, виражений у формі допустимої зведеної основної похибки $\gamma_{гр}$, яка є сталою в діапазоні вимірювання ЗВ (нормується адитивна похибка ЗВ).

На рис. 5 а, б показані умовні зображення вимірювальних приладів з лінійною а) та нелінійною б) шкалами границі вимірювань, покази x та позначення класів точності

$$K_1 = \gamma_{гр} = \pm 0,1\%$$

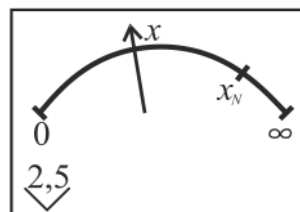


$$x_N = x_k$$

Нормувальне значення x_N
виражене в одиницях величини на
виході З В

а)

$$K_2 = \gamma_{гр} = \pm 2,5\%$$



$$x_N < x_k$$

Нормувальне значення x_N
виражене довжиною шкали З В

б)

Рисунок 5. Позначення класів точності.

Клас точності ЗВ виражений у формі допустимої одночленної відносної похибки $\delta_{гр}$ (нормується мультиплікативна похибка ЗВ).

Нормування додаткових похибок ЗВ.

Границі допустимих додаткових похибок ЗВ можна виражати у формі, відмінній від форми вираження границь допустимої основної похибки, а саме у вигляді:

- сталого значення для всієї робочої області значень впливової величини або сталих значень для інтервалів робочої області;
- відношення границі допустимої додаткової похибки, яка відповідає інтервалу значень впливової величини, до ширини цього інтервалу;
- граничної функції впливу як залежності границі допустимої додаткової похибки від впливової величини;
- функціональної залежності границь допустимих відхилень від номінальної функції впливу.

Переважно границі допустимої додаткової похибки встановлюють у вигляді дільного або кратного значення границі допустимої основної похибки ЗВ.

Границі допустимої варіації вихідного сигналу ЗВ (показів вимірювального приладу) встановлюють у вигляді дільного або кратного значення границі допустимої основної похибки.

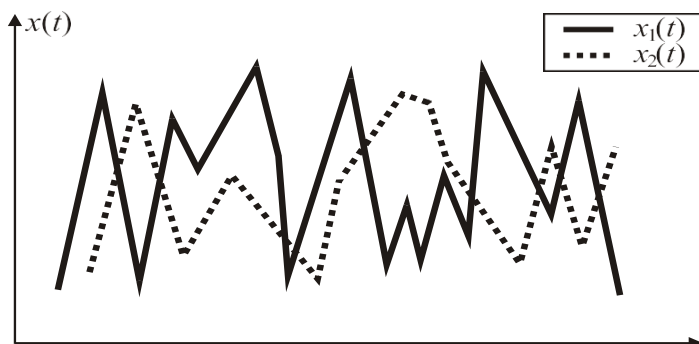
Границі допустимих похибок виражають не більше ніж двома значущими цифрами, причому похибка заокруглення при обчисленні границь не повинна перевищувати 5%.

Випадкові похибки.

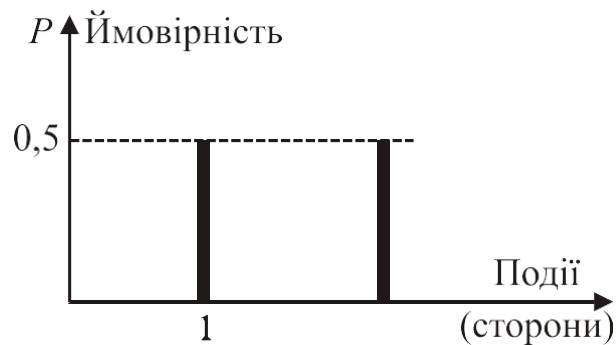
Ймовірнісні характеристики випадкових похибок.

Випадкові похибки виникають через одночасний вплив на вимірювану фізичну величину багатьох незалежних факторів, які самі спонтанно змінюються, включаючи випадкові похибки засобів вимірювання. Присутність випадкових похибок у результаті вимірювань легко виявити через їх розсіювання відносно деякого значення. В загальному випадку результати і похибки вимірювань повинні розглядатись як випадкові функції, або, як прийнято в математиці, випадкові процеси. А для їх математичного описання залучають методи теорії ймовірності.

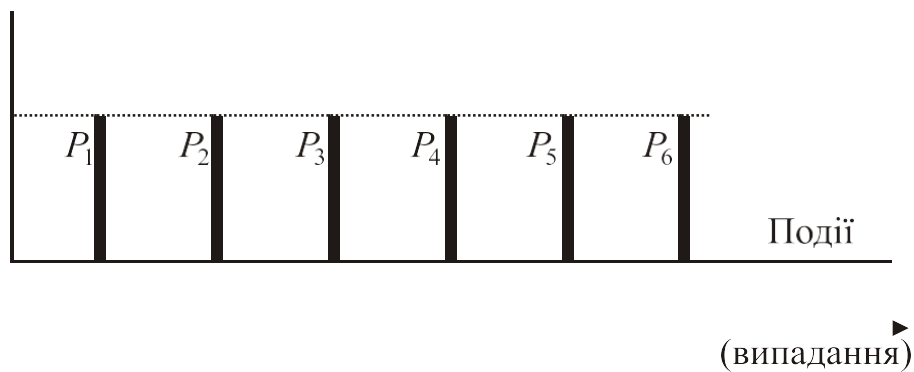
Види випадкових подій



Ймовірність характеризує випадкову подію, яка може відбутися. Неможливі (неймовірні) події привласнюють значення ймовірності $P_n = 0$, а достовірній події $P_d = 1$. Таким чином, ймовірність випадкової події знаходиться в інтервалі $0 \dots 1$. Наприклад, ймовірність випадання однієї зі сторін тонкої монети дорівнює 0,5.



Ймовірність випадання однієї з граней грального кубика становить.



Вочевидь, ймовірність випадання результату не більше 6 очків дорівнює

$$P_d(< 6) = 1, \text{ а більше 6 очків } P_n(> 6) = 0.$$

Якщо всі результати досліду рівноможливі і несумісні, то ймовірність будь-якої події A визначається як відношення числа сприятливих результатів m до загального числа n результатів досліду $P(A)=m/n$.

Присутність випадкових похибок (на відміну від систематичних) легко виявляється при повторних вимірюваннях як деякий розкид результатів. Якщо значення, які може набувати випадкова величина, утворюють дискретний ряд чисел, то така випадкова величина називається **дискретною**. Якщо ж значення випадкової величини заповнюють цілий проміжок (скінчений або нескінчений), то випадкову величину називають **неперервною**. Кожному значенню випадкової величини x_n дискретного типу відповідає певна ймовірність P_n її появи. Кожному проміжку (a, b) з області значень випадкової величини неперервного типу відповідає певна ймовірність $P(a < x < b)$ того, що значення

випадкової величини буде в цьому проміжку.

Співвідношення, які встановлюють зв'язок між можливими значеннями випадкових величин і їх ймовірностями, називають законом розподілу випадкової величини. Випадкові похибки описуються функціями розподілу: *інтегральною* і *диференціальною*.

Основні операції опрацювання результатів вимірювань.

Після вимірювальних експериментів опрацьовують результати спостережень для визначення результату вимірювань.

Результат вимірювання є повноцінним за умови, що він супроводжується оцінкою його точності. Обсяг опрацювання результатів залежить від різновиду вимірювань, кількості експериментальних даних, апіорної інформації про систематичні та випадкові похибки тощо. Лише при прямих разових вимірюваннях отримуваний результат спостереження може бути результатом вимірювання. В інших вимірюваннях опрацювання може здійснюватись за стандартизованими методиками.

Основні операції опрацювання первинних результатів вимірювань такі:

- попередній аналіз результатів спостережень, їх систематизація, відкидання явно недостовірних;
- виявлення та коригування систематичних похибок (вивчення умов вимірювань, розрахунок і внесення поправок);
- виконання розрахунків згідно з вибраним алгоритмом;
- аналіз випадкових ефектів, перевірка гіпотез про їх розподіл, вибір найефективніших оцінок шуканих величин;
- оцінювання характеристик похибок числового алгоритму;
- підсумування складових похибок результатів;
- аналіз отриманих результатів;
- подання результатів вимірювань та характеристик їх точності за відповідною формою.

Кожен вид вимірювань має свої особливості і тому конкретний зміст перерахованих операцій опрацювання результатів вимірювань відрізняється.

Нехтування похибками.

Під час оцінювання окремих складових похибок серед них можуть траплятися як більші, так і менші, і навіть дуже малі, які практично не змінюють оцінки сумарної похибки. У такому разі такими похибками необхідно знехтувати.

Щоб прийняти рішення, якою похибкою можна знехтувати, необхідно встановити критерій *дуже малої похибки*. Цей критерій також необхідний при виборі класу точності зразкового засобу вимірювання в залежності від класу точності приладу, який *повіряють*.

Заокруглення похибок.

Результат вимірювання складається з оцінки вимірюваної величини (її дійсного значення) і похибки вимірювання, яка характеризує точність вимірювання. Недоцільно утримувати у виразі для вимірюного значення фізичної величини велике число цифр, оскільки цифри молодших розрядів можуть виявитись недостовірними. Поширеною помилкою при оцінюванні результатів і похибок вимірювань є обчислення їх і запис з великим числом значущих цифр. Цьому сприяє використання для розрахунків комп'ютерів (калькуляторів), які

дозволяють одержувати результати з чотирма і більше значущими цифрами. Похибки вимірювань не завжди треба знати з дуже високою точністю. Так, для технічних вимірювань допустимою вважається похибка в 15...20%. Відповідним стандартом встановлено, що в числових показниках точності вимірювань (в тому числі і похибок) повинно бути не більше двох значущих цифр.

В практичній метрології вироблені наступні *правила округлення* результатів і похибок вимірювань:

1. У виразі похибки результату вимірювання утримується не більше двох значущих цифр, при чому остання цифра як правило заокруглюється до 0 або 5. Похибка результату вимірювання вказується двома значущими цифрами, якщо перша з них дорівнює 1 або 2, і однією – якщо перша цифра 3 або більше.

2. Числове значення результату вимірювання повинне закінчуватись цифрою того ж розряду, що і значення похибки. Наприклад: $235,744 \pm 0,15$ заокруглюється до $235,74 \pm 0,15$. Результат $4,0800$, похибка $0,001$; результат заокруглюють до $4,080$.

3. Якщо перша з відкинутих цифр $\square 5$, а за нею є значущі цифри, тоді останню

з цифр, що зберігається, збільшують на одиницю. Наприклад, заокруглюючи число $36,754$ до трьох значущих цифр, запишемо $36,8$.

4. Якщо відкидається цифра 5, а за нею немає значущих цифр, тоді останню цифру, що зберігається, залишають незмінною, якщо вона парна, і збільшують на одиницю, якщо вона непарна. Наприклад, заокруглюючи число $36,75$ до трьох значущих цифр, запишемо $36,8$. Для числа $36,65$ заокруглене значення – $36,6$.

5. Якщо перша з цифр, що відкидаються, менша 5, тоді останню цифру, що зберігається, не змінюють. Наприклад, заокруглюючи число $318,74$ до чотирьох значущих цифр, запишемо $318,7$

Заокруглення проводиться лише в кінцевій відповіді, а всі попередні обчислення проводять з одним-двома зайвими знаками.

Важливість належного заокруглення кінцевих оцінок похибок і результатів вимірювань полягає в тому, що при надлишкових розрядах похибки і результатів, особливо це стосується результатів, отриманих при розрахунках на калькуляторі чи комп'ютері, на яких заздалегідь задана розрядність (від 5 до 9

десяткових знаків) може створитись *хибна думка про вищу точність вимірювань*.

Опрацювання результатів прямих одноразових вимірювань.

Пряме вимірювання – це вимірювання однієї величини, в якому її значення отримують безпосередньо за показом відповідного приладу без додаткових обчислень.

Приклади прямих вимірювань: вимірювання напруги – вольтметром, довжини – лінійкою, інтервалу часу – годинником, температури – термометром тощо. Більша частина вимірювань в електроніці є одноразовими.

Одноразові вимірювання виконуються за умови невеликих випадкових похибок, коли переважаючими є систематичні похибки. При цьому зазвичай виконують декілька спостережень (3 – 4), щоб переконатись у стабільності результатів. Як результат вибирають одне з них або середнє арифметичне. Основне рівняння такого вимірювання

$$y = c \times x,$$

де c – відомий коефіцієнт, наприклад, масштабний;

x – результат спостереження.

Модель похибки вимірювання містить складові інструментальної похибки Δ_i , методичної Δ_M і особистої (суб'єктивної) Δ_c похибки експериментатора:

$$\Delta y = \Delta_i + \Delta_M + \Delta_c.$$

Якщо є можливість або потреба, то оцінюють одну чи декілька систематичних похибок і до результату вводять поправки, в результаті чого отримують скоригований результат. Після введення поправок результат містить нескориговані залишки (інструментальної і методичної) систематичних похибок. Подальше опрацювання похибок здійснюється за методикою підсумовування систематичних та випадкових похибок і результат вимірювання записують як:

$$X = (x \pm \Delta_{гр}) \text{ або } X = (x \pm \Delta_{дов}), P_{дов} = \dots,$$

де x – значення, знайдене під час вимірювань.

Опрацювання результатів прямих вимірювань з багаторазовими незалежними і рівноточними спостереженнями.

У вимірювальній практиці для підвищення якості вимірювань часто звертаються до вимірювань з багаторазовими спостереженнями, тобто до повторення одним і тим же оператором одноразових спостережень в однакових умовах з використанням одного і того ж засобу вимірювань (*рівноточні спостереження*). В результаті відповідного статистичного опрацювання отриманих даних вдається зменшити вплив випадкової складової похибки на результат вимірювань. При цьому можуть бути використанні різні процедури опрацювання результатів вимірювань.

Відповідно до методики виконання прямих вимірювань з багаторазовими незалежними спостереженнями при обробці ряду спостережень в переважній більшості практичних застосувань приймається *модель нормального розподілу випадкових похибок*.

Якщо в якомусь конкретному вимірюванні заздалегідь невідомий закон розподілу, то необхідно провести детальні дослідження на предмет встановлення форми розподілу. Найчастіше на основі експериментальних даних спочатку *будують гістограму* і за її формою роблять попередній висновок про вид розподілу. Далі на основі критерію Пірсона χ^2 чи іншого перевіряють гіпотезу про приналежність даного розподілу до вибраного модельного. Вихідною інформацією для обробки є ряд з n результатів вимірювань $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$. Число n залежить як від вимоги до точності результату, так і від реальної можливості виконати повторні вимірювання.

Питання для самоконтролю

1. Що таке клас точності засобу вимірювання?
2. Яким чином здійснюється оцінювання основної похибки засобу вимірювання?
3. Як проводиться нормування додаткових похибок ЗВ?
4. Що таке ймовірнісні характеристики випадкових похибок?
5. Охарактеризуйте основні операції опрацювання результатів вимірювань.
6. В яких випадках можна нехтувати похибками?

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Поліщук Є.С. та ін. Метрологія та вимірювальна техніка: підручник – М-во освіти і науки, молоді та спорту України, Нац. ун-т "Львівська політехніка"; 2-е вид., доп. та перероб. Львів : Вид-во Львівської політехніки, 2012. – 544 с.
2. Лавренова Д.Л. Основи метрології та електричних вимірювань : навчальний посібник / Д. Л. Лавренова, В. М. Хлистов; Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут». Київ: НТУУ «КПІ», 2016. – 123 с.
3. Головка Д.Б. Основи метрології та вимірювань. Навч. Посібник / Головка Д.Б., Рего К.Г., Скрипник Ю.О. – К.: Либідь, 2001. – 408 с.
4. Боженко Л.І. Стандартизація, метрологія та кваліметрія у машинобудуванні: Навч. посібни / Л.І. Боженко. – Львів: Світ, 2003. – 328 с.
5. Железна А.М. Основи взаємозамінності, стандартизації та технічних вимірювань: Навчальний посібник / А.М. Железна, В.А. Кирилович. – К.: Кондор, 2004. – 796 с.
6. Кирилюк Ю.Є. Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання: Підручник / Ю.Є. Кирилюк, Г.К. Якимчук, Ю.М. Бугай. – К.: Основа, 2003. – 212 с.

Електронне навчальне видання комбінованого використання
Можна використовувати в локальному та мережному режимі

Артюх Світлана Миколаївна

ВСТУП ДО ФАХУ

Конспект лекцій
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
за спеціальностями 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології
та робототехніка», 175 «Інформаційно-вимірювальні технології»

В авторській редакції

Підписано до розміщення 25.06.2025. Гарнітура Times New Roman.
Ум. друк. арк. 4,16. Обсяг 1,845 Мб. Зам. № 302/25.

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна,
61022, м. Харків, майдан Свободи, 4.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3367 від 13.01.2009
Видавництво ХНУ імені В. Н. Каразіна