**Тема 7. Кодування інформації. Загальні відомості**

**1. Основні поняття, що пов’язані з кодуванням та передаванням інформації**

Розглянемо основні поняття, що пов’язані з кодуванням та передаванням інформації. Подією називатимемо кожну кількісну чи якісну визначеність станів динамічної системи, яка фіксується спостереженнями .

Можна кожному стану системи поставити у відповідність певне значення чи послідовність значень деякої величини. За допомогою цієї величини можна здійснити передавання повідомлення (відомостей про подію, інформації про подію) від одного об’єкта до іншого.

Фізичний процес, що являє собою матеріальне втілення повідомлення, називається сигналом.

Система або середовище, де здійснюється передавання сигналу, називається каналом зв’язку.

Будь-які повідомлення, що підлягають передаванню по каналах зв’язку, переробці в кібернетичній системі, мають бути попередньо закодовані, тобто «перекладені» мовою сигналів.

Кодування можна визначити як процес подання інформації у вигляді деякої послідовності символів (кодових комбінацій). При цьому таку послідовність, у свою чергу, можна подати (перекодувати) у вигляді сукупностей фізичних сигналів тієї чи іншої природи — акустичних, оптичних, електричних тощо.

Наведемо приклад природного кодування. Нехай ви спостерігаєте деякий пейзаж. До вашого ока надходить інформація про це у вигляді світлових сигналів (фотонів). Ці сигнали сітківкою ока перекодуються в інші сигнали, що по нейронних ланцюгах надходять до головного мозку. Там ці сигнали перекодовуються в образи, які далі перекодовуються в певні відчуття.

Проте якщо потрібно цю інформацію зафіксувати на папері, її доводиться перекодовувати у вигляді букв та їх поєднань. А щоб цю інформацію повідомити комусь по телефону, її необхідно ще перекодувати у звукові коливання. Потім телефон ще раз закодує звукові коливання в електричні імпульси, які по телефонних лініях (каналах зв’язку) надійдуть на приймальний пристрій адресата, де відбудеться декодування електричних імпульсів у звукові коливання. Нарешті, ці коливання надійдуть адресатові (до його вуха), де він їх декодує в образи, або в текст.

Наведемо більш строге визначення кодування. Нехай дано довільну множину А, яку потрібно відобразити в іншу множину В. У цій множині В є скінченна кількість символів (знаків), що називається алфавітом. Наприклад, в абетці Морзе три символи (крапка, тире і прогалина), в англійській мові — 26 букв плюс прогалина і т. ін.

Кількість різних символів (букв), що входять до алфавіту, називається обсягом алфавіту. У цій множині В за певними правилами можна будувати послідовності символів, що називаються словами.

Кодуванням називається відображення довільної множини А у множину скінчених послідовностей (слів), утворених за допомогою деякого алфавіту множини В, а декодуванням — обернене відображення.

Кодом називається сукупність знаків (символів) алфавіту В і слів, складених із них за певними правилами і призначених для однозначного відображення множини А у множину В.

До будь-якої системи кодування висуваються такі основні вимоги:

1) взаємна однозначність перетворень відображуваної множини А у множину В, що її відображує в результаті кодування та оберненого перетворення (декодування) — необхідна умова відсутності помилок в інтерпретації вихідної інформації;

2) економічність кодування, забезпечується, насамперед, мінімі­зацією середньої довжини комбінацій, а отже, і довжини інфор­маційних текстів, завдяки чому заощаджується не лише час передавання тексту, а й носії інформації;

3) збоєстійкість, тобто можливість виявлення та виправлення помилок у кодових комбінаціях під впливом тих чи інших перешкод та збоїв.

Зауважимо, що друга і третя вимоги взаємно суперечливі, оскіль­ки підвищення збоєстійкості кодів досягається збільшенням дов-  
жини слів, через що знижується економічність систем кодування.

У техніці зв’язку й обробки інформації розроблено багато різних способів кодування, що забезпечують більш-менш вдалий компроміс у виконанні цих вимог у різних кібернетичних системах.

Схематичне зображення системи зв’язку наведено на рис. 1. Ця схема відбиває найбільш істотні елементи будь-якої системи зв’язку: комп’ютерної мережі, системи супутникового чи мобільного зв’язку, розмовного каналу між двома співрозмовниками тощо.

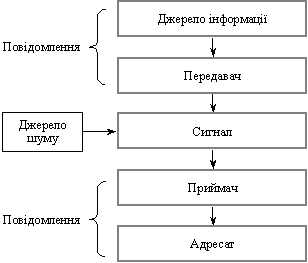


Рис. 1. Принципова схема системи зв’язку

Людське мислення у процесі переробки інформації являє собою своєрідний канал зв’язку із шумами, від пропускної здатності якого багато в чому залежить дієвість та ефективність управлінських рішень.

Тоді, коли людина встигає вчасно переробити необхідну для ухвалення рішення інформацію, тобто її канал зв’язку має достатню пропускну здатність і стійкість до шумів, можна очікувати прийняття найбільш ефективних рішень. Якщо терміни переробки та проходження інформації через канал зв’язку (свідомість людини) та час, необхідний для прийняття рішення, не збігаються, то рішення приймається або із запізненням, або в умовах неповної переробки інформації. І перше і друге негативно позначається на функціонуванні соціально-економічних систем.

Поняття про цифровий код. Розглянемо питання про вибір цифрового алфавіту для кодування величин, тобто про вибір системи числення.

У будь-якій позиційній системі числення деяке число N визначається виразом

https://buklib.net/msohtml1/672/clip_image004.gif,

де а — основа системи числення (обсяг цифрового алфавіту); n — кількість розрядів у числі, i — порядковий номер розряду; ki — коефіцієнт, що може набувати а різних значень ki = 0, 1, 2, …, (а – 1).

При цьому запис числа N у системі з основою а здійснюється у вигляді

Ni = kn, kn–1, kn-2, …, k2, k1.

Наприклад:

27(10) = 24 + 23 + 21 + 20 https://buklib.net/msohtml1/672/clip_image006.gif 27(2) = 11011 =  
= k525–1+k424–1+k323–1+k222–1+k121–1.

Зі зменшенням основи а, тобто спрощенням алфавіту відбувається зміна його кодової комбінації.

Коли йдеться про передавання та електронну обробку інформації, найзручнішою є двійкова система числення, в якій а = 2 і  
ki може набувати лише двох значень: 0 і 1. Обчислювальні машини, як і інші технічні пристрої, призначені для збереження і переробки інформації, закодованої в двійковій системі числення.

**Кодування інформації** — це спеціальна вироблена система прийомів (правил) фіксування [інформації](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%86%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%8F).



**Зміст**

* [1Мета кодування інформації](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D1%96%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%97#%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%B0_%D0%BA%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D1%96%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%97)
* [2Основні атрибути кодування](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D1%96%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%97#%D0%9E%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BD%D1%96_%D0%B0%D1%82%D1%80%D0%B8%D0%B1%D1%83%D1%82%D0%B8_%D0%BA%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F)
  + [2.1Види кодів](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D1%96%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%97#%D0%92%D0%B8%D0%B4%D0%B8_%D0%BA%D0%BE%D0%B4%D1%96%D0%B2)
* [3Ознаки знаку](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D1%96%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%97#%D0%9E%D0%B7%D0%BD%D0%B0%D0%BA%D0%B8_%D0%B7%D0%BD%D0%B0%D0%BA%D1%83)
* [4Класифікація знаків](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D1%96%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%97#%D0%9A%D0%BB%D0%B0%D1%81%D0%B8%D1%84%D1%96%D0%BA%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%8F_%D0%B7%D0%BD%D0%B0%D0%BA%D1%96%D0%B2)
* [5Системи кодування](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D1%96%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%97#%D0%A1%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B8_%D0%BA%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F)
* [6Джерела](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D1%96%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%97#%D0%94%D0%B6%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BB%D0%B0)
* [7Див.також](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D1%96%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%97#%D0%94%D0%B8%D0%B2.%D1%82%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%B6)

**Мета кодування інформації**[[ред.](https://uk.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%9A%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D1%96%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%97&veaction=edit&section=1) | [ред. код](https://uk.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%9A%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D1%96%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%97&action=edit&section=1)]

Мета кодування інформації полягає в тому, щоб представити інформацію в більш компактній та зручній формі, що необхідно при запису даних в документі, їх перенесенні на машинний носій, проведенні обробки, передачі та інших операцій.

**Основні атрибути кодування**[[ред.](https://uk.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%9A%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D1%96%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%97&veaction=edit&section=2) | [ред. код](https://uk.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%9A%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D1%96%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%97&action=edit&section=2)]

Основними атрибутами кодування є [**знак**](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%BD%D0%B0%D0%BA), [**код**](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%B4), **мова**, за допомогою яких інформація фіксується і передається у просторі і часі. **Знак** — це позначка, предмет, та позначення чогось. Наприклад, може бути цифра або літера. Коли знак поєднується зі своїм значенням, він стає [символом](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D0%BC%D0%B2%D0%BE%D0%BB).

**Код** повинен однозначно сприйматися, відтворюватися і передаватися, тобто бути незмінним, однотипним і визначним. Повинен бути зрозумілими відправнику і одержувачу. Кодів існує набагато більше, ніж матеріальних носіїв.

**Види кодів**[[ред.](https://uk.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%9A%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D1%96%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%97&veaction=edit&section=3) | [ред. код](https://uk.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%9A%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D1%96%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%97&action=edit&section=3)]

* алфавітний — система літер;
* цифровий — система цифр;
* алфавітно-цифровий — змішана система алфавітних і цифрових кодів;
* рельєфно–точковий — система випуклих точок (шифр Брайля);
* матричний — система поглиблень або отворів та інші.

Використовуючи у якості коду літери, можна фіксувати слова на різних мовах. Вибір коду залежить від матеріального носія, чим коротше код, тим довше буде текст і навпаки. Наприклад, [китайські ієрогліфи](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B8%D1%82%D0%B0%D0%B9%D1%81%D1%8C%D0%BA%D1%96_%D1%96%D1%94%D1%80%D0%BE%D0%B3%D0%BB%D1%96%D1%84%D0%B8). Вироблення коротких кодів постає одним із важливих завдань перед науковцями.

Вивченням знаків займається спеціальна наука — **семіотика**. [**Семіотика**](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B5%D0%BC%D1%96%D0%BE%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0) (від грецького semion — знак) — наука, яка вивчає спільні якості знаків, їх системи і ситуації у людському суспільстві. Семіотика вивчається на трьох різних ступенях:

1. [синтактика](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0);
2. [семантика](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0);
3. [прагматика](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%B3%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0_%D1%82%D0%B5%D0%BA%D1%81%D1%82%D1%83).

**Ознаки знаку**[[ред.](https://uk.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%9A%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D1%96%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%97&veaction=edit&section=4) | [ред. код](https://uk.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%9A%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D1%96%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%97&action=edit&section=4)]

**Знак має такі ознаки (особливості):**

* матеріальне вираження;
* значення;
* інформує про щось відмінне від цього;
* використовується для передачі інформації;
* функціонує у певній знаковій ситуації.

Знак має зовнішню і внутрішню структурні сторони. **Зовнішня сторона** — це матеріальна оболонка знака. Предмет, який виступає у ролі знака, обов'язково володіє певною формою, щоб бути сприйманим, здатним фіксувати і передавати інформацію у просторі і часі. [Жест](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%96%D0%B5%D1%81%D1%82), світло світлофору, морський прапорний код, звук мовлення не можуть слугувати знаками для документа.

Знак існує у певній знаковій системі. Будучи вилученим з неї, він може втратити або поміняти своє значення.

**Класифікація знаків**[[ред.](https://uk.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%9A%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D1%96%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%97&veaction=edit&section=5) | [ред. код](https://uk.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%9A%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D1%96%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%97&action=edit&section=5)]

**Класифікація знаків** — це їх групування за певними ознаками. Існує багато класифікацій знаків, розроблених у семіотиці. Є *знаки–копії, знаки–ознаки і знаки–символи*.

* **Знаки-копії**  — це відтворювання, репродукція, більш-менш схожі з оригіналом (фотографії, фільми, картини, знаки [піктографічної писемності](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%96%D0%BA%D1%82%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D1%84%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B5_%D0%BF%D0%B8%D1%81%D1%8C%D0%BC%D0%BE)). **Знаки-копії (іконічні знаки)** — це знаки, значення яких повністю визначається тим предметом, якому вони відповідають. Знаки-копії об'єднуються за принципом схожості, подібності предмета та його позначення. Прикладами іконічних знаків можуть бути фотографії, картини, відбитки пальців, відображення у дзеркалі, копії документів тощо.
* **Знаки — ознаки** — пов'язані з відтворюваними предметами, як подія зі своїми причинами (те, що інакше називається симптомом, прикметами і т. д. **Знаки-ознаки (знаки-прикмети, знаки-індекси)**  — це знаки, значення яких повністю визначається тим контекстом, у якому вони виявляються і позначають відношення між об'єктами, а також між об'єктом і його властивостями. Прикладом таких знаків можуть бути займенники, деякі прислівники (тут, зараз, завтра), положення [флюгера](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%BB%D1%8E%D0%B3%D0%B5%D1%80), сліди на снігу. Дим — знак вогню, розбитий автомобіль — знак транспортної аварії на дорозі, крадіжка автомобіля — знак злочину тощо.
* **Знаки-символи** у силу заключного у них наглядного образу використовуються для вираження деякого, часто дуже значного змісту (наприклад, зображення стародавньогрецької театральної маски є символ сучасного театру). Наприклад, знаки-символи української культури — Т.Шевченко, Л.Українка, червона калина, вишита сорочка, писанка, танець «Гопак», бандура та ін; знаки-символи Української держави — жовто-блакитний Державний прапор, Державний герб, Державний гімн, опис яких дається у ст. 20 Конституції України.

Розрізняють **знаки мовні і немовні.**

**Знак мовний** — одиниця мови (людина, слово, словосполучення), яка слугує для позначення предметів або явищ дійсності, а також відношення між елементами мови у тексті.

До **немовленнєвих знаків** віднесені символи, товарні знаки, музейні експонати, фотографії, історичні реліквії, також знаряддя праці, архітектурні пам'ятники.

**Знаки-«пікчери»** (від англійського «pikture» — картина, малюнок, кінофільм, кадр з фільму) — це витвір живопису, у тому числі графіки, художньої вишивки, художньої різьби по дереву, металу, фотографії (включаючи кінофільм). Їх прийнято називати іконічними (тобто знаками зображення). До них, крім об'єктів живопису, які фіксують на носії, можна віднести і скульптуру, хоча вона є речовим знаком.

**Емблемні знаки** — різноманітна емблематика (спортивна, торговофірмова, міфологічна, дорожна і т. ін.)

**Знаки речові (трьохмірні)** — це скульптура, макети, моделі виставок, музеїв і т. ін. Серед них — різноманітна (у більшості обрядова) речовинна символіка, яка позначає різні поняття (хліб і сіль — знак привітності та дружби, кільце на четвертому пальці — людина жоната — і т. ін.) Таким чином, функція і значення знаку належать окремим предметам у конкретній ситуації.

**Системи кодування**[[ред.](https://uk.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%9A%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D1%96%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%97&veaction=edit&section=6) | [ред. код](https://uk.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%9A%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D1%96%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%97&action=edit&section=6)]

* ***Порядкова система кодування.*** Порядкова система кодування використовується для кодування одноознакових, стійких та простих [номенклатур](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0). Вона передбачає присвоєння ознакам цифр натурального ряду чисел без пропуску номерів. За цією системою кодуються категорії працівників, види діючих норм часу та розцінок, приналежність деталей, вузлів тощо. Порядкову систему раціонально використовувати для простих і стабільних номенклатур. Перевагами системи є невелика кількість знаків, густина запису, простота побудови. Але в даній системі не виділяються групи однорідних ознак і немає можливості автоматично отримувати підсумкові дані більш ніж одного виміру.
* ***Серійна система.*** Серійна система служить для кодування двоознакових номенклатур і передбачає присвоєння кожній групі однорідних номенклатур серії номерів. В межах цієї серії здійснюється [шифрування](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A8%D0%B8%D1%84%D1%80%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F) кожної позиції номенклатури порядковими номерами. При цьому в серію номерів обов'язково включаються і резервні шифри, які потім присвоюються новим позиціям номенклатури. Серійна система найбільш економічна по кількості розрядів та одночасно містить необхідний резерв номерів для нових позицій номенклатури. За цією системою кодуються, наприклад, структурні підрозділи підприємства, види оплат тощо.
* ***Розрядна (десяткова) система.*** Розрядна (десяткова) система використовується для кодування складних номенклатур. При цій системі кожній класифікаційній ознаці відводиться певна кількість розрядів, яка залежить від кількості предметів множини, що кодується. Побудова коду за розрядною системою забезпечує чітке виділення кожної класифікаційної ознаки, логічність, зручність машинної обробки інформації. До недоліків розрядної системи відносять те, що при незначному перевищенні ємності розряду потрібно збільшувати значність коду. Розрядна система використовується для кодування великих багатоознакових номенклатур: матеріальних цінностей, готової продукції тощо.
* ***Шахова (матрична) система.*** Шахова (матрична) система — різновид десяткової системи. Вона використовується для номенклатур, що характеризуються двома ознаками, одна з яких умовно розміщується по вертикалі, а друга — по горизонталі. Перетин рядків і стовпців в таблиці і утворює потрібний шифр. Ця система використовується при шифруванні одиниць вимірювання, причин і винуватців браку тощо.
* ***Комбінована система.*** Комбінована система використовується для кодування багатозначних номенклатур. Ця система є найбільш гнучкою, оскільки в ній використовуються комбінації інших систем, наприклад, розрядної системи і системи повторення, розрядної і серійної систем та ін.
* ***Система повторення.*** Система повторення використовує цифрові та буквені позначення, що безпосередньо характеризують даний об'єкт (розмір, колір, вага об'єкту) та використовуються в практиці обліку та планування.

# Завадостійке кодування. Основні поняття і визначення

При передачі інформації по каналах зв'язку виникають помилки унаслідок завад і спотворень сигналів. Для їх виявлення і виправлення використовуються завадостійкі (коректуючі) коди.

Завадостійкими називають коди, що дозволяють виявляти і (або) виправляти помилки в прийнятому повідомленні. Здібність коду до виявлення і виправлення помилок заснована на введенні надмірності в кодоване повідомлення. Надмірні символи формуються за певними правилами і називаються перевірочними або контрольними. Збільшення числа таких символів в кодовій комбінації підвищує виявляючу і виправляючу здібності коду, але призводить до зниження швидкості передачі інформації.

Спрощена схема системи передачі інформації при завадостійкому кодуванні приведена на рис.7.1.

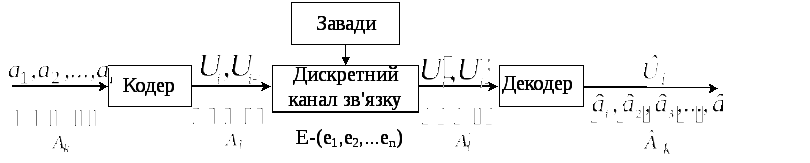


Рисунок 7.1. – Спрощена схема системи передачі інформації

У загальному випадку під кодуванням розуміється заміна послідовності символів повідомлення від дискретного джерела інформації з алфавітом https://studfile.net/html/2706/304/html_jtCm5bCWJ7.G3tc/img-bXZsNO.pngпослідовністю символів кодуючого пристрою (кодера) з алфавітом*Аl*. Розрізняють два види кодування: блокове і безперервне.

При блоковому кодуванні послідовність символів повідомлення розділяється на блоки з *k* символів, які перетворюються в блоки з *n* символів коду (*n>k*). Символи повідомлення джерела називають інформаційними.

Послідовність з *n* символів на виході кодера називається кодовою комбінацією або кодовим словом. Сукупність кодових слів утворює (*n,k*) код. Коди, комбінації яких містять однакове число символів, називаються рівномірними. Їх застосування, на відміну від нерівномірних кодів, спрощує схеми кодерів і декодерів.

Якщо при кодуванні інформаційна послідовність не розділяється на блоки, то код називається безперервним. Такі коди також називають деревовидними або ланцюговими. Блочні коди можна розглядати як окремий випадок безперервних.

При відомому розміщенні інформаційних і перевірочних символів в кодовій комбінації код називається систематичним. Зазвичай інформаційними є перші *k* символів кодової комбінації.

Безліч символів, з яких складається кодова комбінація, називається алфавітом коду, а число різних символів в алфавіті – підставою коду. Найбільшого поширення набули двійкові коди з підставою коду, рівною двом.

Завадостійкі коди, включаючи двійкові, діляться на лінійні і нелінійні. Найбільш поширені лінійні, рівномірні, роздільні двійкові коди, кодові комбінації яких утворюють лінійний простір відносно операції порозрядного складання по модулю 2.

Складання по модулю 2 (*mod2*) здійснюється за наступними правилами: https://studfile.net/html/2706/304/html_jtCm5bCWJ7.G3tc/img-Rn_m1b.png або https://studfile.net/html/2706/304/html_jtCm5bCWJ7.G3tc/img-TANrc1.png - це означає, що операції складання і віднімання по mod2 співпадають.

Кодові комбінації таких кодів можуть бути представлені у вигляді векторів в *n*-мірному лінійному просторі або багаточленів (поліномів) від формальної змінної *х* ступеня *n*-1.

Представлення кодових комбінацій як векторів в *n*-мірному просторі дозволяє визначити відстань між ними, звану відстанню Хеммінга. Під ним розуміється кількість символів, якими одна комбінація відрізняється від іншої [44].

Наприклад, між комбінаціями https://studfile.net/html/2706/304/html_jtCm5bCWJ7.G3tc/img-Ki4MS6.png і https://studfile.net/html/2706/304/html_jtCm5bCWJ7.G3tc/img-lTDbD6.png відстань https://studfile.net/html/2706/304/html_jtCm5bCWJ7.G3tc/img-t9ifE6.png, оскільки вони містять 5 неспівпадаючих символів. Відстань Хеммінга співпадає з вагою сумарної комбінації https://studfile.net/html/2706/304/html_jtCm5bCWJ7.G3tc/img-hm9LCP.png, під якою розуміється число її ненульових символів. Поняття ваги застосовне до будь-якої комбінації коду. Наприклад, комбінація https://studfile.net/html/2706/304/html_jtCm5bCWJ7.G3tc/img-1MuoZr.png має вагу https://studfile.net/html/2706/304/html_jtCm5bCWJ7.G3tc/img-hzTSUq.png, оскільки містить 4 одиниці, а вага https://studfile.net/html/2706/304/html_jtCm5bCWJ7.G3tc/img-Pi6Uqb.png.

Побудова завадостійких кодів заснована на використанні алгебраїчних структур (груп, кілець, полів), що визначають правила формування кодових комбінацій, виявлення і виправлення помилок в них.

Для передачі кодових комбінацій між кодером і декодером використовується дискретний канал зв'язку – сукупність технічних засобів, включаючи середовище розповсюдження, сигнали на вході і виході якого приймають кінцеве число значень (рис.7.1). Найпростішою моделлю дискретного каналу є двійковий канал зв'язку з завадою, що адитивно взаємодіє з сигналом.

Завадою, або вектором помилки, в такому каналі називається послідовність з *n* символів https://studfile.net/html/2706/304/html_jtCm5bCWJ7.G3tc/img-8j51Ai.png, яку треба порозрядно скласти по модулю 2 з переданою кодовою комбінацією https://studfile.net/html/2706/304/html_jtCm5bCWJ7.G3tc/img-aJujFp.png, щоб отримати прийняту: https://studfile.net/html/2706/304/html_jtCm5bCWJ7.G3tc/img-8RMeQJ.png. Символи вектора помилки https://studfile.net/html/2706/304/html_jtCm5bCWJ7.G3tc/img-kH4Syh.png означають наявність помилки в прийнятій комбінації https://studfile.net/html/2706/304/html_jtCm5bCWJ7.G3tc/img-d3vtRJ.png, а https://studfile.net/html/2706/304/html_jtCm5bCWJ7.G3tc/img-wUBeVq.png - відсутність помилки. Число ненульових символів вектора помилки *Е* називається вагою або кратністю помилки *q*. Кратність помилки є випадковою величиною, що приймає значення від 0 до *n*.

Якщо символи кодової комбінації в такому каналі спотворюються з однаковою імовірністю. https://studfile.net/html/2706/304/html_jtCm5bCWJ7.G3tc/img-HeyZTy.png, тобто https://studfile.net/html/2706/304/html_jtCm5bCWJ7.G3tc/img-cAKSkm.png, то канал називається двійковим симетричним без пам'яті, а помилки – незалежними. В цьому випадку розподіл імовірнності помилки *q*-й кратності в кодових комбінаціях https://studfile.net/html/2706/304/html_jtCm5bCWJ7.G3tc/img-4KNh5F.png коду є біномінальним:

https://studfile.net/html/2706/304/html_jtCm5bCWJ7.G3tc/img-HO7iIV.png, (7.1)

де https://studfile.net/html/2706/304/html_jtCm5bCWJ7.G3tc/img-ntVHNt.png - число поєднань з *n* символів по *q*.

Наприклад, https://studfile.net/html/2706/304/html_jtCm5bCWJ7.G3tc/img-nj1mxI.png, а *n*=5. Тоді імовірність помилки першої, другої і п'ятої кратностей відповідно рівна:

https://studfile.net/html/2706/304/html_jtCm5bCWJ7.G3tc/img-NF_ghW.png;

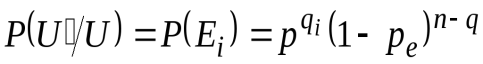
https://studfile.net/html/2706/304/html_jtCm5bCWJ7.G3tc/img-G4lLaK.png;

https://studfile.net/html/2706/304/html_jtCm5bCWJ7.G3tc/img-rmhZZg.png.

З їх порівняння виходить, що в каналах з незалежними помилками найбільш імовірні одиночні помилки. Цей результат обґрунтовує використання завадостійких кодів для виявлення і виправлення помилок малої кратності в каналах з незалежними помилками. Частіше зустрічаються канали, в яких помилки групуються в пакети.

Під пакетом помилок розуміється вектор помилки з *n* символів, з яких *l* підряд (від 2 до *n*) спотворені або починаються і закінчуються помилками, між якими можуть бути спотворені і неспотворені символи. Наприклад, вектори помилки https://studfile.net/html/2706/304/html_jtCm5bCWJ7.G3tc/img-GmrURu.png; https://studfile.net/html/2706/304/html_jtCm5bCWJ7.G3tc/img-ZxPd52.png; https://studfile.net/html/2706/304/html_jtCm5bCWJ7.G3tc/img-Ebmjn1.png містять пакети помилок з 4 символів *l*=4. Під дією помилок комбінація на виході каналу зв'язку https://studfile.net/html/2706/304/html_jtCm5bCWJ7.G3tc/img-2whSiC.png відрізняється від комбінації на вході каналу https://studfile.net/html/2706/304/html_jtCm5bCWJ7.G3tc/img-Ex9DEG.png. Для оцінки https://studfile.net/html/2706/304/html_jtCm5bCWJ7.G3tc/img-VOQ1uh.pngінформаційних символів по прийнятій комбінації https://studfile.net/html/2706/304/html_jtCm5bCWJ7.G3tc/img-Pw2MLD.png використовується декодуючий пристрій (декодер). При декодуванні вирішуються два завдання: оцінювання переданої кодової комбінації і формування інформаційних символів. Найбільш складним є перше завдання декодування. При рівній імовірності кодових комбінацій її оптимальне рішення забезпечує метод максимальної правдоподібності.

У разі двійкового симетричного каналу функція правдоподібності визначається імовірністю векторів помилки:

, (7.2)

де *qi* – вага вектора помилки https://studfile.net/html/2706/304/html_jtCm5bCWJ7.G3tc/img-Ur_CP2.png.

З формули (7.2) виходить, що https://studfile.net/html/2706/304/html_jtCm5bCWJ7.G3tc/img-YEQiJW.png максимальна, якщо *qi* мінімальна. Тоді оцінкою *U* є кодова комбінація, спотворення якої для отримання прийнятої комбінації https://studfile.net/html/2706/304/html_jtCm5bCWJ7.G3tc/img-9sSpEq.png має мінімальну вагу:

https://studfile.net/html/2706/304/html_jtCm5bCWJ7.G3tc/img-wq0Ck0.png. (7.3)

Якщо таких векторів помилок https://studfile.net/html/2706/304/html_jtCm5bCWJ7.G3tc/img-izcTFm.png декілька, то найбільш імовірний з них визначається випадковим набором.

В цілому складність процедури декодування залежить від довжини кодованих інформаційних послідовностей, правил кодування, типу каналу зв'язку (односторонній, двосторонній) і характеру помилок в нім (незалежні або пакети помилок).

У залізничних системах автоматики, телемеханіки і зв'язку найбільшого поширення набули двійкові лінійні коди. Тому далі розглядаються коди, що відносяться до класу двійкових лінійних кодів.