

## ВИКОРИСТАННЯ КІЛЬЦЕВИХ КОДІВ ДЛЯ ПОБУДОВИ ЕФЕКТИВНОГО КАНАЛУ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ МЕРЕЖІ МАЙБУТНЬОГО В УМОВАХ ДІЇ ЗОВНІШНІХ ДЕСТАБІЛІЗУЮЧИХ ФАКТОРІВ

В статті наведено визначення мережі майбутнього та доведено, що головною її відмінністю є здатність до самовідновлення та самоорганізації за рахунок її сталості та стійкості до дії стихійних лих. Сформовано типові стихійні лиха, їх наслідки та дію. Розглянуто основні властивості кільцевих кодів та їх векторів показників зсуву, виконано аналіз ступеню залежності векторів показників зсуву від довжини, кількості одиничних символів та структури кодових послідовностей кільцевих кодів, наведено переваги та недоліки властивостей векторів показників зсуву.

**Ключові слова:** мережа майбутнього, стихійні лиха, зовнішні дестабілізуючі фактори, стійкість, кільцевий код

### Вступ

В наш час, в умовах зростання числа катастроф техногенного та природного характеру, зростаючої загрози локальних конфліктів істотне значення набуває завдання забезпечення сталого функціонування мережі майбутнього (FN- Future Networks), яка є еволюційним розвитком мереж наступного покоління [1]. FN характеризується безперервною зміною вимог до телекомунікаційних мереж, появою принципово нових прикладних областей дистанційного керування побутовою та іншою технікою (Internet of Things), створенням “розумних” мереж (Smart Grid) з використанням хмарних обчислень (Cloud Computing).

Згідно з визначенням МСЕ мережа майбутнього [2] являє собою глобальну інформаційну інфраструктуру, яка об'єднує в собі вже існуючі інформаційно-комунікаційні мережі з врахуванням компонент, які тільки плануються до впровадження. Єдиним центром управління глобальною інформаційною інфраструктурою забезпечується здатність надавати повний спектр телекомунікаційних послуг (в будь-якому географічному місці, гарантованої якості, прийнятної вартості, та в будь-який час) на базі нових та інноваційних технологій. Головною відмінністю мережі майбутнього є здатність до самовідновлення та самоорганізації за рахунок її сталості та стійкості до дії стихійних лих. Безвідмовне функціонування мережі під час дії стихійного лиха забезпечує потреби управління державою, оборони, безпеки, охорони правопорядку, економіки країни, а також потреби фізичних і юридичних осіб в новітніх та інноваційних послугах телекомунікацій.

### Основна частина

Останнім часом в зв'язку зі зміною клімату дедалі частіше спостерігаються стихійні лиха, такі як землетруси, паводки, цунамі, повені, урагани, тощо. В зв'язку з чим надання телекомунікаційних послуг зупиняється в тому чи іншому регіоні світу. Це свідчить, що ми живемо в епоху глобальних змін, тому потрібно сформулювати вимоги до FN такі, щоб вона була стійка до впливу вищезазначених зовнішніх дестабілізуючих факторів (ЗДФ). Для того, щоб мінімізувати пошкодження та/або захистити мережу необхідно розробити певні рекомендації, щодо проектування FN з метою мінімізації дії ЗДФ та відновлення сталого функціонування мережі. ЗДФ – це певний вид зовнішніх впливів, параметри якого перевищують значення, на які розрахований елемент мережі при його проектуванні. До ЗДФ також відносяться стихійні лиха, які наведені в рекомендації L.392 сектору стандартизації Міжнародного союзу електрозв'язку в кінці 2016 року [3].

Згідно [4] в таблиці 1. наведено типові стихійні лиха та наслідки після їх дії.

Таблиця 1

## Типові стихійні лиха

№ п/п	Стихійні лиха	Наслідки
1	Землетруси	пошкодження всіх зовнішніх об'єктів телекомунікацій, розриви ліній зв'язку
2	Цунамі	пошкодження всіх зовнішніх об'єктів телекомунікацій, пошкодження систем енергозабезпечення
3	Надсильні повені	заводнення кабельних каналізацій, потенційне пошкодження кабелів
4	Лісові пожежі	пошкодження підвісних кабелів зв'язку та зовнішніх об'єктів телекомунікацій, які знаходяться в лісовій місцевості
5	Урагани/ торнадо/ тайфуни	руйнування телекомунікаційних щогл або веж, пошкодження підвісних кабелів зв'язку
6	Зсуви ґрунту	руйнування кабелів, які закладені в ґрунт, пошкодження лінійно-кабельної інфраструктури
7	Надсильний холод/ надсильна спека	знищення телекомунікаційного обладнання

Досліджено, що найпоширенішими стихійними лихами в світі на даний час є паводки, буревії, зсуви, землетруси, що зображено на рисунку 1.

Сукупність зовнішніх факторів природного характеру в деякій мірі, при певних умовах, впливають на працездатність FN, що проявляється в спотворенні інформації та/або її повної втрати.

На рис. 2 показані ті стихійні лиха які наносять найбільш руйнівну силу, щодо працездатності мережі майбутнього.



Рис. 1. Найпоширеніші стихійні лиха

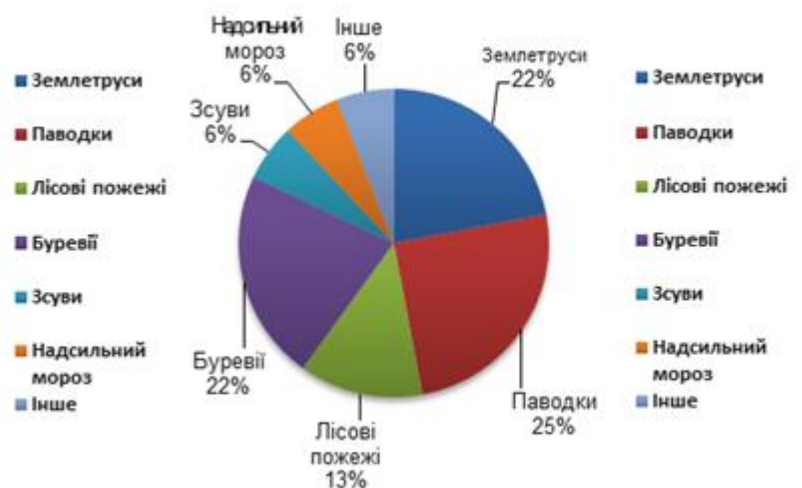


Рис. 2. Найруйнівніші стихійні лиха

Для мінімізації негативного впливу вищезазначених зовнішніх дестабілізуючих факторів необхідно побудувати ефективний канал передачі даних. Важливим елементом при побудові такого каналу є використання кільцевих кодів.

Згідно з визначенням в [5, 6] кільцевим кодом називається квадратна матриця, яка складається з  $N$  кодових послідовностей довжиною  $N$ , отриманих шляхом зсуву двійкових елементів на один символ вправо або вліво. Кожному кільцевому коду відповідає вектор

показників зсуву (ВПЗ). Елементами ВПЗ є десяткові числа, які дорівнюють кількості одиничних символів, отриманих шляхом здійснення математичної операції XOR, AND або OR над попарними елементами двох кодових послідовностей кільцевого коду.

Алгоритм утворення кільцевих кодів. На рис. 3 наведено алгоритм утворення кільцевого коду, довжину кодової послідовності якого позначено буквою  $N$ , а кількість кодових послідовностей позначено

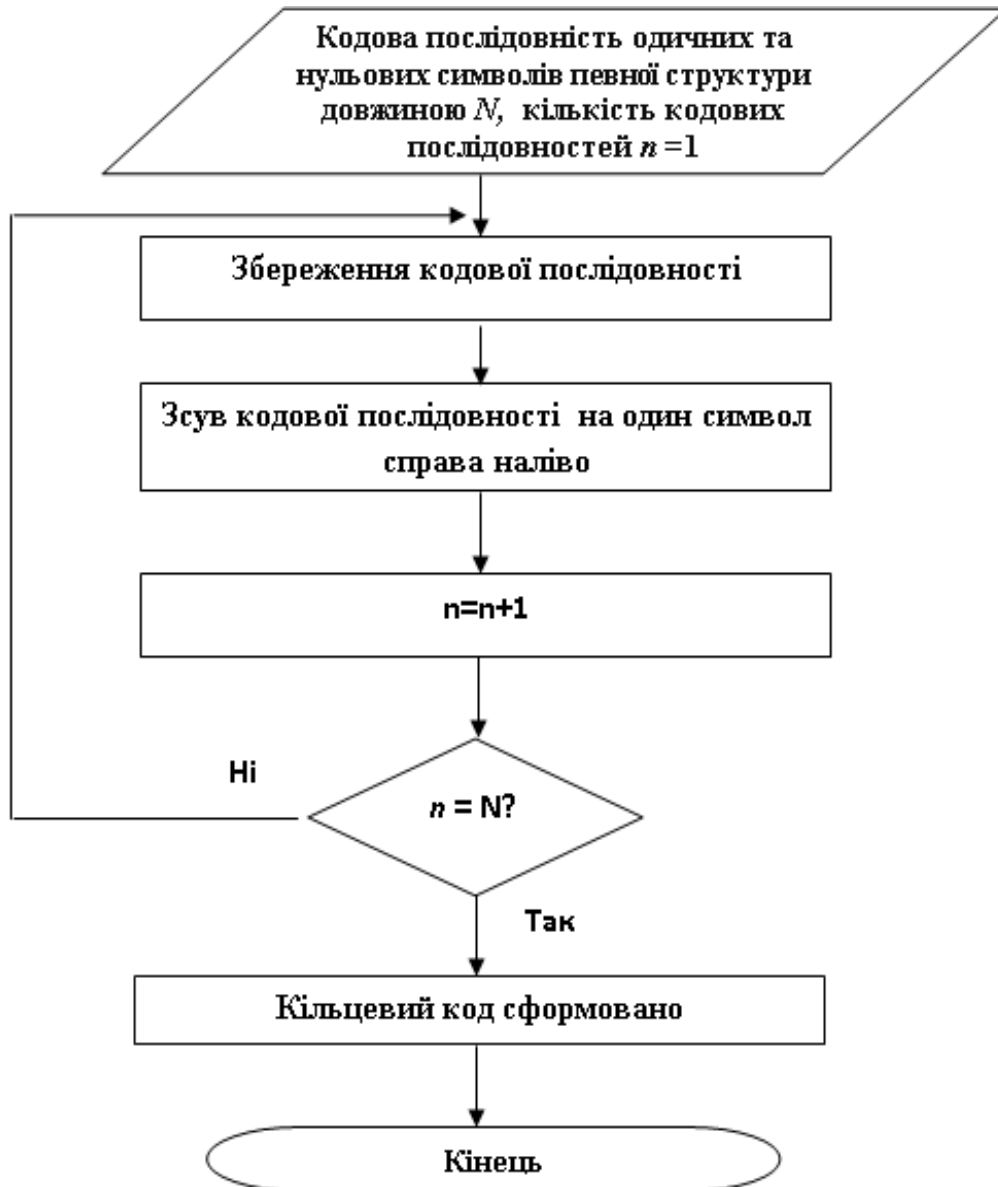


Рис. 3 Алгоритм утворення кільцевого коду

Класифікація кільцевих кодів. Кільцеві коди відносяться до різновиду циклічних кодів, які в свою чергу є завадостійкими кодами.

Завадостійкі коди розподіляються за такими основними ознаками:

- за наявністю розподілу коду на частини (блокові, неперервні);
- за довжиною кодових комбінацій (рівномірні, нерівномірні);
- за можливістю розмежування інформаційної та перевірконої частин коду (роздільні, нероздільні);
- за можливістю застосування до інформаційних та перевірних символів коду лінійних комбінацій.

На рис. 4 наведено ієрархічну структуру системи класифікації заводостійких кодів.

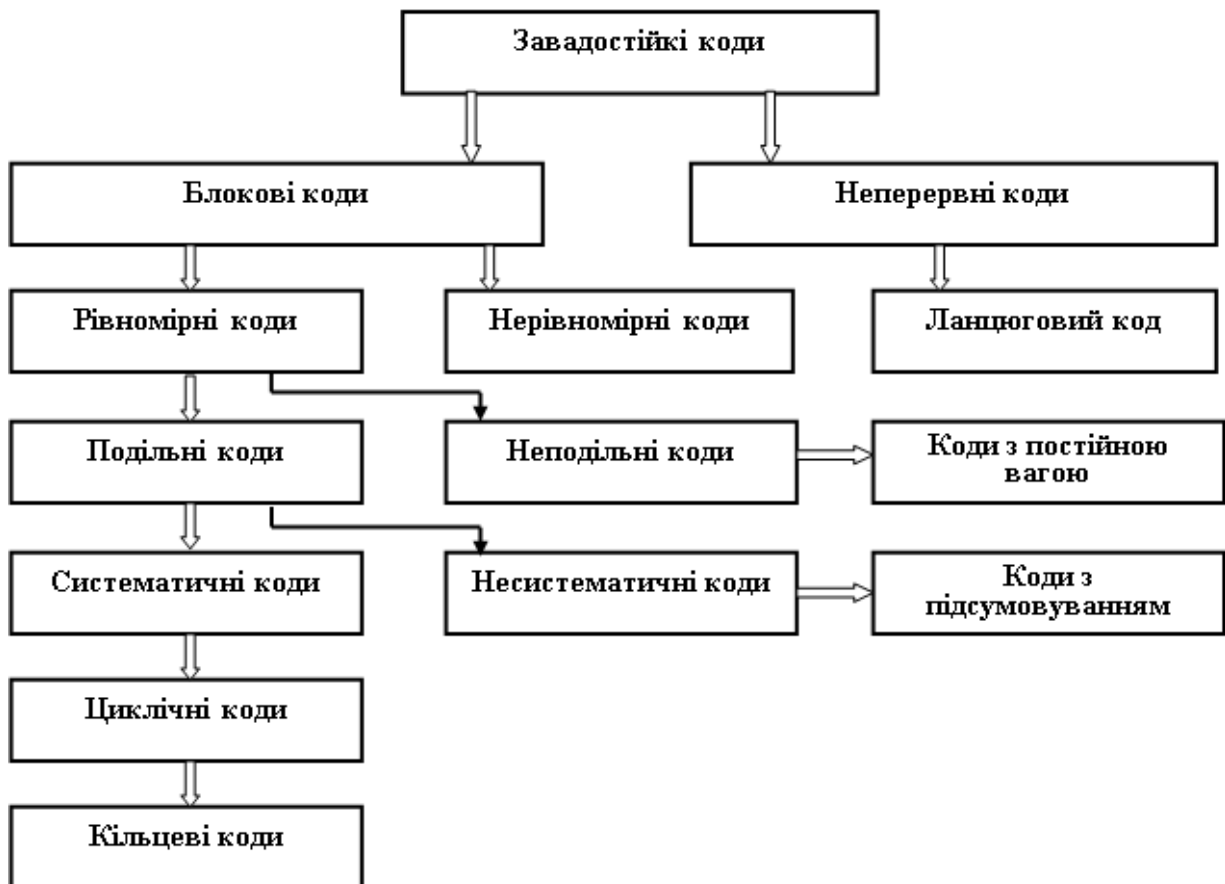


Рис. 4 Класифікація заводостійких кодів

Блоковими кодами називають такі коди, в яких кожному повідомленню відповідає блок, що складається з  $n$  символів.

Неперервними кодами називають такі коди, які в процесі кодування та декодування повідомлень не розбиваються на окремі блоки.

Блокові коди називають рівномірними, якщо всі кодові комбінації коду мають однакову довжину, та нерівномірними, якщо довжина кодової комбінації не постійна.

Рівномірні коди розподіляються на подільні та неподільні коди. В подільних кодах перевіряючі символи розміщуються на задалегідь відомих позиціях кодової послідовності. В неподільних кодах неможливо розділити інформаційну та перевіряючу частини коду, що ускладнює декодування повідомлень. До неподільних кодів відносяться коди з постійною вагою.

Подільні коди розподіляються на систематичні та несистематичні коди. В систематичних кодах контрольні(перевіряючі) елементи являють собою різні лінійні комбінації інформаційних елементів. Тому процеси кодування та декодування повідомлень в таких кодах зводяться до підрахунку сум за модулем 2 інформаційних та перевіряючих символів в різних поєднаннях. Несистематичні коди такої властивості не мають.

Отже, згідно з вище наведеною ієрархічною структурою кільцеві коди які є блоковими, рівномірними, систематичними заводостійкими кодами. Розглянемо більш детально структуру кільцевих кодів та їх основні властивості.

Проаналізуємо кільцеві коди за структурою ВПЗ, попередньо розподіливши їх на групи в залежності від довжини кодової послідовності кільцевого коду та кількості в ній одиничних символів. Визначимо ВПЗ та суму десяткових чисел кожного ВПЗ для усіх кодових комбінацій з кількістю одиничних символів 3, 4 та 5 кільцевих кодів довжиною 7 та з кількістю одиничних символів 3, 4 та 5 кільцевих кодів довжиною 8.

Результати розрахунків значень векторів показників зсуву. Розрахунки значень векторів показників зсуву виконано в програмному середовищі Mat lab версії 6.5 та за допомогою функцій табличного процесора Excel. Кількість двійкових кодових комбінацій для кожного з кодів розраховано за формулою:

$$C_N^m = \frac{N!}{m(N-m)!}, \quad (1)$$

де  $N$  – довжина двійкової кодової послідовності,  $m$  – кількість одиничних символів. В таблиці 2 наведено значення векторів показників зсуву для кодових.

Таблиця 2.

Значення векторів показників зсуву для кодових комбінацій

Довжина коду	Кількість одиничних символів	Структура базової конфігурації кільцевого коду	Вектор показників зсуву (ВПЗ)	Сума чисел ВПЗ	Кількість кодових послідовностей з певним вектором показників зсуву	Загальна кількість кодових послідовностей
7	2	11	244442	20	7	21
		101	424424	20	7	
		1001	442244	20	7	
7	3	111	246642	24	7	35
		1011	444444	24	14	
		10011	462264	24	7	
		10101	624426	24	7	
7	4	1111	246642	24	7	35
		10111	444444	24	14	
		11011	462264	24	7	
		101011	624426	24	7	
7	5	11111	244442	20	7	21
		101111	424424	20	7	
		110111	442244	20	7	

Аналіз структури векторів показників зсуву та їх сумарних значень дозволяє зазначити наступне:

1) Для усіх кодових послідовностей незалежно від їх довжини та кількості одиничних символів існує функціональна залежність між сумою десяткових значень вектору показників зсуву та кількістю нульових та одиничних символів у вигляді наступної формули:

$$S_{ВПЗ} = (N - m)2m, \quad (2)$$

де  $N$  – довжина кодової послідовності,  $m$  – кількість одиничних елементів.

2) Кількість різновидів векторів показників зсуву відповідає кількості різновидів структури базової конфігурації, обмеженої одиничними символами з обох боків кодової послідовності. Як приклад в таблиці 3 наведено різновиди векторів показників зсуву в залежності від структури базової конфігурації кодової послідовності для коду довжиною 7.

Таблиця 3.

Різновиди векторів показників зсуву в залежності від структури базової конфігурації кодової послідовності для коду довжиною 7

Довжина коду $N$	Кількість одиничних символів $m$	Структура базової конфігурації кодової послідовності	Вектор показників зсуву (ВПЗ)	Сума чисел ВПЗ
7	3	111	2 4 6 6 4 2	24
		1011	4 4 4 4 4 4	
		10011	4 6 2 2 6 4	
		10101	6 2 4 4 2 6	
7	4	1111	2 4 6 6 4 2	24
		10111	4 4 4 4 4 4	
		11011	4 6 2 2 6 4	
		101011	6 2 4 4 2 6	
7	5	11111	2 4 4 4 4 2	20
		101111	4 2 4 4 2 4	
		110111	4 4 2 2 4 4	

3) Кількість різновидів векторів показників в межах кодових послідовностей певної довжини та певної кількості одиничних символів кратна довжині кодової послідовності.

### Висновки

Таким чином, сформовано, що ЗДФ – це певний вид зовнішніх впливів, параметри якого перевищують значення, на які розрахований елемент мережі при його проектуванні. До ЗДФ також відносяться стихійні лиха. Проаналізовано наслідки дії стихійних лих на мережу майбутнього. Доведено, що для мінімізації негативного впливу вищезазначених зовнішніх дестабілізуючих факторів необхідно побудувати ефективний канал передачі даних. Важливим елементом при побудові такого каналу є використання кільцевих кодів, які є завадостійкими кодами.

### Список використаної літератури

1. Нетудихата Л.І., Каток В.Б., Отрох С.І. Телекомунікаційні мережі майбутнього (Future networks) як еволюційний розвиток мережі наступного покоління (Next Generation Network) // Зв'язок. – 2011. - №. 3. – С. 2 – 4.
2. Global information infrastructure, internet protocol aspects and Next Generation Networks – future networks. Future Networks: Objectives and Design Goals // Recommendation ITU-T Y.3001. – 2011.
3. Disaster management for improving network resilience and recovery with movable and deployable information and communication technology (ICT) resource unit // Recommendation ITU-T L.392. – 2016.
4. Disaster management for outside plant facilities // Rec. ITU-T L.92. – 2012.
5. Дикарев А.В. Коды на основе двоичных колец /Дикарев А.В. // Системи управління, навігації та зв'язку. -2014.- Випуск 1(29) - С.50-53.
6. Дикарев А.В. Некоторые закономерности кольцевых кодов//Дикарев А.В./Системи управління, навігації та зв'язку. Випуск 3(31) -2014.- С.51-55

Надійшла: 20.09.2017

Рецензент: к.т.н., доц. Довбешко С.В.