

## ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІРОГІДНОЇ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ ПРИ ВПЛИВІ ПЕРЕШКОД В ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖАХ

*У статті проведено аналіз каналів передачі даних, що застосовують технології, які дозволяють у режимі реального часу гарантувати якісну, надійну та вірогідну передачу даних в умовах впливу перешкод. В таких мережах забезпечення заданих значень показників вірогідної передачі інформації здійснюється за рахунок використання кодування. Під час передачі каналами даних виникає багато труднощів, пов'язаних із впливом природних, промислових, навмисних та ненавмисних перешкод.*

*В умовах динамічних перешкод збільшується ймовірність помилки, стає неможливим забезпечення заданого рівня надійності та вірогідності інформації за допомогою простого використання відомих методів кодування. Невизначеність щодо природи перешкод приводить до появи проблеми забезпечення надійної достовірності інформації. В реальних каналах передачі інформації сигнали при передачі спотворюються, що приводить до відтворення повідомлення на приймальній стороні із деякою помилкою. Причиною таких спотворень можуть виступати як власні шуми приймально-передавальної апаратури, так і діючі на канал передачі зовнішні впливи як природного, так і штучного походження.*

*У загальному випадку це веде до зниження ймовірності вірогідної передачі інформації та до зниження швидкості передачі в телекомунікаційній мережі. Причиною цього можуть бути спотворення, що вносяться каналом та випадкові зміни його параметрів. На відміну від спотворень перешкоди носять випадковий характер. Вони заздалегідь невідомі і тому не можуть бути повністю усунені.*

*Ключові слова: канали передачі, телекомунікаційна мережа, перешкоди, спотворення, вірогідність передачі інформації, надійність, невизначеність.*

**Вступ.** Розвиток систем передачі даних, таких як мереж мобільного зв'язку, мобільного радіо доступу, вимагає застосування інформаційних технологій, які дозволяють у режимі реального часу гарантувати якісну, надійну та вірогідну передачу даних. В таких мережах забезпечення заданих значень показників інформації здійснюється за рахунок використання інформаційних технологій кодування. Під час передачі каналами даних виникає багато труднощів, пов'язаних із впливом природних, промислових навмисних та ненавмисних перешкод. В умовах динамічних перешкод збільшується ймовірність помилки, стає неможливим забезпечення заданого рівня надійності та вірогідності інформації за допомогою простого використання відомих методів кодування. Невизначеність щодо природи перешкод приводить до появи проблеми забезпечення надійної достовірності інформації, коли підтримується необхідний рівень протягом визначеного проміжку часу передачі даних. Сучасні методи адаптивного управління, які застосовуються для забезпечення заданої надійності та правдоподібності інформації на основі завадостійких кодів, носять розрізнений характер. Водночас, існує суперечність між обмеженими можливостями традиційних підходів щодо контролю, класифікації та кодування інформації, розрізненими методами, моделями забезпечення надійності та вірогідності інформації, що ґрунтуються на надлишкових критеріях, та потребами створення організованої послідовності процесів адаптації багаторівневих систем з урахуванням невизначеності. У процесі функціонування на сучасні телекомунікаційні мережі та її елементи впливають різні фактори, що порушують її нормальну роботу. Вони призводять до порушення роботи каналів та ліній зв'язку, фізичного виходу з ладу елементів мереж, інших негативних наслідків, у результаті чого вони переходить до такого стану, за якого вона не може забезпечувати процес доставки інформації. Таким чином, мережа повинна мати здатність протистояти впливам та перешкодам, які порушують її роботу. Важливо відзначити, що, лише маючи необхідну надійність телекомунікаційна мережа може забезпечити задану вірогідність зв'язку, стабільність та безперервність управління.

**Постановка задачі.** Сучасні телекомунікаційні мережі передачі даних є досить складною системою, що має певну множину властивостей. Проаналізуємо властивості таких мереж, які є найбільш істотними з погляду користувача і з погляду забезпечення заданого рівня вимог до якості, надійності та вірогідності каналів зв'язку як процесу доставки інформаційних повідомлень. У процесі функціонування на телекомунікаційні мережі та її елементи впливають різні фактори, що порушують нормальну роботу. Вони призводять до порушення роботи каналів та ліній зв'язку, фізичного виходу з ладу елементів мереж, інших негативних наслідків, у результаті чого вони переходить до такого стану, при якому не може забезпечувати процес доставки необхідної інформації. Таким чином, сучасна мережа повинна мати здатність протистояти впливам, які порушують її роботу, що забезпечується стійкістю її роботи. Під час функціонування доставки інформації може порушуватися не тільки факторами, що безпосередньо впливають на роботу системи передачі в цілому. У таких умовах мережа повинна мати здатність адаптації до всіх змін [1]. Можливо зробити висновок, що тільки у разі забезпечення всіх властивостей, мережа може виконувати своє функціональне призначення - забезпечувати доставку інформації у необхідному обсязі, з заданою якістю та вірогідністю. Для цього така мережа повинна мати відповідну пропускну здатність. Від того, як пропускну здатність мережі відповідає потребам системи управління, залежить виконання вимог до каналів зв'язку, а також і вимог до управління з безперервності та оперативності.

Дослідження та аналіз існуючого стану та методів забезпечення якісної доставки інформації сучасних мереж передачі даних показав, що перспективним напрямком вирішення проблеми забезпечення вірогідності інформації в умовах невизначеності є застосування каскадного кодування та багаторівневої структурної і параметричної адаптації з врахуванням розкриття невизначеності. На сучасному етапі розвитку інформаційних технологій виникає протиріччя між обмеженими можливостями традиційних підходів щодо контролю, класифікації та кодування інформації, методами та моделями забезпечення вірогідності інформації, що ґрунтуються на надлишкових критеріях, та потребами створення організованої послідовності процесів адаптації багаторівневих систем з урахуванням невизначеності. Тому проблема підвищення ефективності роботи телекомунікаційних мереж передачі даних в умовах апріорної невизначеності за рахунок забезпечення вірогідності інформації за рахунок створення інформаційної технології, моделей і методів. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити проблему, яка полягає у забезпеченні вірогідності передачі даних в умовах апріорної невизначеності за рахунок методів, що використовують послідовність процесів багаторівневої адаптації каскадних кодових конструкцій та додаткові показники розкриття невизначеності при впливі перешкод.

**Основна частина.** Сучасні телекомунікаційні мережі в загальному випадку включають системи передавання, комунікаційне обладнання та інші ресурси, що дозволяють передавати сигнали між визначеними кінцевими пунктами, для надання загальнодоступних телекомунікаційних послуг. Телекомунікаційна мережа передачі даних є складною системою, що має певну множину особливостей. Передача інформації телекомунікаційною мережею в широкому розумінні являє собою передачу різного роду повідомлень із одного чи декількох пунктів в інший чи в ряд пунктів. В техніці передачі інформації семантична особливість повідомлень не враховується, і задачею системи передачі інформації в мережі є лише транспортування повідомлень у визначене місце, тому що оцінка смислового змісту отриманих повідомлень – справа самого одержувача. Теорія і техніка передачі інформації в мережах склалися протягом багатьох років і в теперішній час продовжують швидко розвиватися. Особливе місце системи передачі інформації займають в системах управління, в яких необхідно забезпечувати передачу досить великих потоків інформації з високою швидкістю, достовірністю та надійністю. В процесі функціонування на телекомунікаційні мережі та її елементи впливають різні фактори, що порушують її нормальну роботу. Вони призводять до порушення роботи каналів та ліній зв'язку, фізичного виходу з ладу елементів мереж, інших негативних наслідків.

Розглянемо принципи побудови систем передачі інформації по каналах з шумами та перешкодами. На рис. 1 наведена узагальнена схема системи передачі інформації в телекомунікаційній мережі [2]. Приймавши повідомлення від джерела повідомлень, кодер генерує та видає на модулятор вхідну двійкову послідовність з визначеною довжиною (кодове слово). Сам модулятор перетворює кожен такий символ на один з двох сигналів, що подаються на вхід каналу. Демодулятор, підключений до виходу каналу, видає необхідний сигнал. Детектор обробляє сигнал та видає елемент інформації, який у двійковому випадку являє собою дійсний скаляр. Декодер перетворює послідовність у розв'язок, що вказує, яке із усієї сукупності кодових слів було передано. Під каналом у даному випадку мається на увазі середовище, за допомогою якого здійснюється передача сигналів від передавача до приймача [3]. Одноразове використання каналу полягає в тому, що передавач певним чином впливає на канал, а приймач спостерігає деякі характеристики каналу, що відображають цей вплив. Якщо канал дискретний, то для передавача існує кінцеве число впливів, які називаються вхідними сигналами. Приймач розрізняє тільки визначене число класів результатів спостереження, що називаються вихідними сигналами. Співвідношення між вхідними та вихідними сигналами у загальному випадку має імовірнісний характер. Канал визначається встановленням умовних ймовірностей  $P_n$  для кожної вхідної та вихідної послідовності. Дослідивши взаємовпливи основних перешкод на основні елементи каналів передачі установки з позиції теорії імовірності, можна оцінити коефіцієнти за «технічною надійністю» основних компонентів та елементів телекомунікаційної мережі за допомогою відомого співвідношення [4]:

$$P_n = \exp\left(-\sum_{i=1}^n \frac{\tau}{\lambda_i}\right), \quad (1)$$

де  $n$  – кількість основних компонентів телекомунікаційної мережі;  
 $\lambda_i$  – напрацювання на відмову  $i$ -го компонента відповідного елемента мережі;  
 $\tau$  – час роботи каналу передачі.



Рис. 1. Узагальнена система передачі інформації в мережах

Загалом кодер - пристрій, який, приймаючи одне з повідомлень від джерела повідомлень, створює відповідну послідовність сигналів, що подається на вхід каналу передачі телекомунікаційної мережі. Джерело повідомлень генерує безперервний потік двійкових

символів, при цьому кожні  $N$  двійкових символів перетворюються кодером у кодове слово. Декодер - пристрій, який, приймаючи вихідну послідовність визначеної довжини, обробляє її та видає результат оброблення споживачу повідомлень у зручному для нього вигляді. Мета споживача полягає в тому, щоб дізнатися, яке з кодових слів було передано. Якщо на вхід кодера надійшли  $N$  двійкових символів, то на виході декодера буде отримана сукупність з такого ж числа  $N$  двійкових символів, яка називається рішенням. Якщо ж рішення не збігається з вхідним кодовим словом, то має місце помилка. Імовірність помилки залежить від коду, каналу та методу оброблення інформації у декодері. Якщо застосовується детермінований декодер, то метод оброблення інформації може бути описаний як відображення безлічі усіх прийнятих послідовностей в множину кодових слів, а відображення задається як список множини послідовностей які перетворюються в декодоване слово.

Ступінь ризику передачі невірогідної інформації (міру очікуваної невдачі) можна подати як добуток імовірності небажаних наслідків на відповідну величину втрат аналогічно як у працях [5]:

$$R = \sum_{i=1}^9 R_i = \sum_{i=1}^9 p_i \cdot Z_i, \quad (2)$$

де  $R$  – величина ризику;

$p_i$  – ймовірності небажаних наслідків передачі невірогідної інформації;

$Z_i$  – величини втрат інформації в каналі передачі.

Для оцінювання ризику також використовують величину середньозваженого модуля відхилення  $\Delta Z$  [6]:

$$\Delta Z = \sum_{i=1}^n p_i \cdot (Z_i - \bar{Z}) \cdot \bar{Z} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Z_i \quad (3)$$

Далі визначимо середньоквадратичне відхилення:

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n p_i \cdot (Z_i - \bar{Z})^2}, \quad (4)$$

Якщо взяти до уваги негативні відхилення від параметру  $\bar{Z}$ , то ступінь ризику передачі невірогідної інформації оцінюється показником варіації  $S_Z$ , і його значення визначається за допомогою співвідношення:

$$S_Z = \sqrt{\sum_{i=1}^n p_i \cdot (Z_i - \bar{Z})^2 \cdot I_{vi}} / \sum_{i=1}^n p_i \cdot I_{vi}, \quad (5)$$

де  $I_v = \{I_{vi}\}$  – індикатор несприятливих відхилень для перешкод, якому відповідають:

0, для сприятливого відхилення  $I_{vi} = 0$ ,

1, для несприятливого відхилення  $I_{vi} = 1$ .

У відносному вираженні ризик передачі невірогідної інформації оцінюють за допомогою коефіцієнта варіації  $\delta_Z$  [7]:

$$\delta_Z = \sigma \frac{1}{\bar{Z}} = \frac{1}{\bar{Z}} \sqrt{\sum_{i=1}^n p_i \cdot (Z_i - \bar{Z})^2}. \quad (6)$$

Виходячи із величини коефіцієнта варіації  $\delta_Z$  використовують таку шкалу для оцінювання рівня ризику та відповідних зон ризику передачі невірогідної інформації:

0,0 – 0,1 мінімальний ризик; 0,1 – 0,25 малий ризик;  
 0,25 – 0,5 допустимий ризик; 0,5 – 0,75 критичний ризик;  
 0,75 – 1,0 катастрофічний ризик.

Для ряду телекомунікаційних мереж, використовують також коефіцієнт варіації [8]:

$$S_{ZV} = \sqrt{\sum_{i=1}^n p_i \cdot (Z_i - \bar{Z})^2 \cdot I_{vi}} / \left( \bar{Z} \cdot \sum_{i=1}^n p_i \cdot I_{vi} \right). \quad (7)$$

Також показником оцінювання ризику передачі невірогідної інформації може бути також коефіцієнт можливих втрат каналу передачі, який враховує обсяг втрат по відношенню до суми абсолютних значень ймовірних втрат [8]:

$$K_Z = M_{ZV} / (M_{ZV} + M_{ZP}). \quad (8)$$

де  $M_{ZV}, M_{ZP}$  – відповідно ймовірні величини сприятливих та несприятливих відхилень відносно значень показників  $\theta_V, \theta_P$  при розгляді запланованих рівнів втрат при передачі інформації  $Z$  і позитивних результатів  $\Omega$  як це виражено у співвідношенні (9) та (10).

Як показує детальний аналіз критичних ситуацій,  $M_{ZV}, M_{ZP}$  – умовні математичні сподівання відхилень щодо вірогідної передачі по каналу телекомунікаційної мережі:

$$M_{ZV} = \sqrt{\sum_{i=1}^n p_i \cdot (Z_i - \bar{Z})^2 \cdot I_{vi}} / \left( \sum_{i=1}^n p_i \cdot I_{vi} \right) - \theta_V, \quad (9)$$

$$M_{ZP} = \sqrt{\sum_{i=1}^n P_i \cdot (\Omega_i - \Omega)^2 \cdot I_{vi}} / \left( \sum_{i=1}^n P_i \cdot I_{vi} \right) - \theta_P. \quad (10)$$

Коефіцієнт ймовірних втрат набуває значень  $K_Z \in [0;1]$ , причому  $K_Z = 0$ , якщо відсутні втрати передачі, і  $K_Z = 1$ , якщо не будуть досягнуті необхідні ймовірні показники доставки інформації.

Майже всі реальні канали передачі в телекомунікаційних мережах мають пам'ять. Зазвичай тривалі періоди якісної роботи каналу чергуються з короткими періодами інтенсивних перешкод чи пакетів перешкод. До таких каналів також застосовують апарат теорії кодування, наприклад, теорема кодування може бути доведена для широкого класу каналів із пам'яттю. Проте практично безпомилкова, вірогідна передача, на можливість якої вказує теорема кодування, досягається у разі використання кодів такої великої довжини, щоб ймовірність реалізації перешкоди, що породжує помилку декодування, була дуже малою. Для каналів з пам'яттю довжина кодів може виявитися дуже великою.

В реальних каналах передачі інформації сигнали при передачі спотворюються, що приводить до відтворення повідомлення на приймальній стороні із деякою помилкою. Причиною таких спотворень можуть виступати як власні шуми приймально-передавальної апаратури, так і діючі на канал передачі зовнішні впливи як природного, так і штучного походження. У загальному випадку це веде до зниження ймовірності вірогідної передачі інформації та до зниження швидкості передачі в телекомунікаційній мережі. Причиною цього можуть так само бути спотворення, що вносяться каналом та випадкові зміни його параметрів.

Спотворення, які можуть бути внесені каналом передачі, можуть бути лінійними і нелінійними. Вони усуваються шляхом відповідної корекції характеристик каналу. На відміну від спотворень перешкоди носять випадковий характер. Вони заздалегідь невідомі і тому не можуть бути повністю усунені.

Перешкоди в каналах передачі телекомунікаційних мереж підрозділяються на [9]:

- внутрішні;
- зовнішні.

Основним джерелом внутрішніх перешкод є тепловий хаотичний рух електронів в напівпровідникових приладах, електричних ланцюгах тощо. До зовнішніх перешкод відносяться атмосферні, промислові, космічні та інші перешкоди. У каналах передачі сучасних телекомунікаційних мереж найбільш поширеними є атмосферні перешкоди. Енергія цих перешкод, в основному, зосереджена в області середніх і довгих хвиль. Станційні перешкоди зумовлені порушеннями розподілу робочих частот, поганою фільтрацією гармонік сигналу, нелінійними процесами в апаратурі, перехресні спотворення тощо. Промислові перешкоди створюються лініями електропередачі, генераторами, системами запалювання двигунів тощо. Космічні перешкоди створюються електромагнітними процесами, що відбуваються в галактиці, на Сонці та інших позаземних об'єктах. Ці перешкоди особливо позначаються в діапазоні частот до декількох ГГц, після чого їх інтенсивність різко убиває. Однак саме ці перешкоди чинять істотний вплив на роботу супутникових систем передачі, навігації та зв'язку [10]. Величезна різноманітність джерел перешкод призводить до того, що структуру та імовірнісні характеристики перешкод істотно відрізняються. За характером спектру різні перешкоди в каналах передачі телекомунікаційних мереж можливо розділити на [11]:

- флуктуаційні;
- зосереджені;
- імпульсні.

Флуктуаційна перешкода є випадковим процесом, що володіє практично рівномірним енергетичним спектром. Ця перешкода має місце у всіх реальних каналах передачі. Прикладом флуктуаційної перешкоди є внутрішні шуми елементів апаратури передачі, космічні шуми та деякі види атмосферних і промислових перешкод. Ширина спектру флуктуаційних перешкод багато більше спектру переданого сигналу переданого по каналу передачі.

Зосереджена перешкода має енергетичний спектр більш вузький або такий же, як у сигналу передачі. Вона може створюватися сторонніми засобами каналу передачі та іншими промисловими об'єктами. Як правило, зосереджені перешкоди являють собою модульовані коливання. Цей вигляд перешкод особливо сильно проявляється в каналах передачі сучасних телекомунікаційних мереж.

Імпульсна перешкода являє собою випадкові або регулярні послідовності імпульсів великої щільності. Тривалість таких імпульсів менше тривалості елементарного сигналу. Перехідні явища від впливу імпульсів у приймальній апаратурі, загалом встигають загаснути до моменту приходу наступного імпульсу. До імпульсних перешкод відносяться багато видів атмосферних і промислових перешкод. У залежності від частоти проходження імпульсів вони можуть впливати на приймач із широкою смугою – як імпульсна перешкода, а на приймач з вузькою смугою – як флуктуаційна перешкода.

Ще одним видом перешкод є флуктуація параметрів каналу передачі. Випадкові зміни його параметрів приводять до непостійності коефіцієнта передачі і часу проходження сигналів по каналу передачі, а також до явища багатопроменевого поширення хвиль. Всі перераховані вище збурення обов'язково проявляються у вигляді перешкоди в тій чи іншій мірі при передачі сигналів. Якщо збурення, чинне в каналі передачі, складається з сигналом, то це адитивна перешкода. До неї відносяться теплові шуми, атмосферні, космічні, промислові та станційні перешкоди. Адитивна завада впливає на вхід приймача незалежно від сигналу і проявляється також за відсутності сигналу. Адитивну перешкоду часто на практиці називають шумом. Якщо ж збурення безпосередньо пов'язане з проходженням сигналу в каналі передачі, то воно називається мультиплікативною перешкодою. Ця перешкода перемножується із сигналом, а

при його відсутності ніяк не виявляється на вході приймача. Мультиплікативні перешкоди характерні для каналів передачі сучасних телекомунікаційних мереж. Вони виникають у результаті багатопробевого поширення радіохвиль, їх інтерференції в точці прийому, а також в результаті нерегулярних змін параметрів середовища поширення радіохвиль, це висоти і товщини шарів тропосфери, електронної концентрації. У результаті багатопробевого поширення радіохвиль амплітуди і фаза сигналу повільно, в порівнянні з власними коливаннями, змінюється. Цю зміну можна представити як процес модуляції у вигляді моделюючої функції. Мультиплікативна перешкода може бути також результатом проявлення нелінійних властивостей окремих елементів тракту каналу передачі, в яких одночасно діють сигнал та перешкода. У каналах передачі інформації мають місце як адитивні, так і мультиплікативні завади. Канал передачі, параметри якого незмінні у часі, називається каналом з постійними параметрами. Таких каналів передачі дуже мало. До них на сьогодні відносяться провідні канали зв'язку і канали радіозв'язку.

Один зі способів боротьби з перешкодами передбачає створення кодів, здатних працювати в найгірших можливих умовах, але такий спосіб малоефективний. Більш досконалий метод полягає в узгодженні швидкості передачі з поточним станом каналу передачі за допомогою зворотного зв'язку від приймача до передавача, або зондування каналу передачі. Іноді розглядають також деякі варіанти методу, який називають чергуванням позицій. Більшість робіт у сфері завадостійкого кодування спрямована на пошук кодів, які корегують незалежні помилки, і тут вже досягнуто суттєвих результатів. Однак у більшості реальних каналів передачі умови незалежності помилок не виконуються, і спотворення з'являються у вигляді послідовності пакетів помилок досить великої довжини із високою щільністю помилок у межах пакета передачі в каналі телекомунікаційної мережі. У таких умовах коди, що корегують незалежні помилки, малоефективні, поскільки на інтервалах між помилками надлишковість, яка міститься у коді, використовується мало, а в межах пакету помилок для корекції потрібна надто висока надлишковість. Покращити становище можливо під час використання кодів досить великої довжини, що набагато перевищує середню довжину пакету. Хоча теоретично така можливість і є, її практична реалізація вимагає надмірного ускладнення декодування пристроїв системи передачі, поскільки складність декодування швидко зростає із збільшенням довжини кодової комбінації та числа корегуючи помилок [12]. Подібні підходи характерні і для кодів, що корегують пакетні помилки. Для того, щоб код був ефективним, довжина кодової комбінації повинна принаймні в декілька разів перевищувати середню довжину пакетів помилок, але в умовах реальних каналів пакетування часто відбувається на досить великих інтервалах, що вимірюються сотнями і тисячами двійкових символів. Тому для ефективною корекції пакетних помилок у реальних каналах потрібні коди з досить великою довжиною. Водночас велика частина відомих методів декодування може бути практично реалізована лише при відносно коротких кодах, поскільки із зростанням довжини коду складність цих методів швидко зростає. Усе це призводить до пошуку нових кодів, що допускають просту реалізацію при досить великих довжинах кодових комбінацій. Хоча при цьому часто нехтують деякими втратами здібності корегування заради зменшення складності реалізації.

**Висновки.** На основі досліджень та аналізу каналів передачі даних, що застосовують технології, які дозволяють у режимі реального часу гарантувати якісну, надійну та вірогідну передачу даних в умовах впливу перешкод, визначено, що в таких мережах забезпечення заданих значень показників вірогідної передачі інформації здійснюється за рахунок використання кодування. Під час передачі такими каналами виникає багато труднощів, пов'язаних із впливом природних, промислових, навмисних та ненавмисних перешкод. А в умовах динамічних перешкод збільшується ймовірність помилки, стає неможливим забезпечення заданого рівня надійності та вірогідності інформації за допомогою простого використання відомих методів кодування. В реальних каналах передачі інформації сигнали при передачі спотворюються, що приводить до відтворення повідомлення на приймальній стороні із деякою помилкою. Причиною таких спотворень можуть виступати як власні шуми

приймально-передавальної апаратури, так і діючі на канал передачі зовнішні впливи як природного, так і штучного походження. У загальному випадку це веде до зниження ймовірності вірогідної передачі інформації та до зниження швидкості передачі в телекомунікаційній мережі. Причиною цього можуть бути спотворення, що вносяться каналом та випадкові зміни його параметрів. На відміну від спотворень перешкоди носять випадковий характер. Вони заздалегідь невідомі і тому не можуть бути повністю усунені. Таким чином, можна зробити висновок про те, що знання особливостей та принципів побудови каналів передачі телекомунікаційною мережею в умовах дії перешкод, дозволить будувати надійні канали передачі інформації для таких мереж.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Казимир В.В. Інформаційні основи побудови телекомунікаційних мереж / В.В. Казимир, В.В. Литвинов, С.М. Шкарлет, С.В. Зайцев // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. - Чернігів : ЧДТУ, 2013. – 340 с.
2. Муляр І.В. Статистичний аналіз реалізації трафіку на самоподібність / І.В. Муляр, В.В. Завадовський // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. - Хмельницький, 2014, №4 (49). - С.142-145.
3. Доля А.Е. Имитационная модель беспроводной системы передачи информации с использованием технологии HARQ и дополнительной априорной информации для повышения достоверности передачи / А.Е. Доля, С. В. Зайцев // Матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів «Новітні технології у науковій діяльності і навчальному процесі», (Чернігів, 28 квітня 2014 р.). – Чернігів : Черніг. нац. технол. ун-т, 2015. – С. 70 – 71.
4. Муляр І.В. Оцінка протоколів динамічної маршрутизації для інтегрованих мереж / І.В. Муляр, А.І Сбітнев., А.В., Джулій, О.С. Ленков // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – К., 2013. – № 43. – С. 158 – 165.
5. Зайцев С. В. Математична модель оцінки достовірності передачі інформації в безпроводних мережах за умов впливу структурних завад / С.В. Зайцев // Молода наука України. Перспективи та пріоритети розвитку : матеріали XIV Всеукр. наук.-практ. конф. з міжнар. участю, (Київ, 26–27 грудня 2013 р.). – К.: 2014. – С. 174 – 175.
6. Бортнік Л. Л. Аналіз варіантів застосування імітаційних завад в радіоканалах з OFDM / Л. Л. Бортнік, О. В. Кувшинов, О. Г. Жук // Сучасний захист інформації. – 2012. – Вип. 5. – С. 45 – 52.
7. Шеннон К.Э. Математическая теория связи / К.Э. Шеннон // Работы по теории информации и кибернетике. – М.: Иностранная литература, 1963. – С. 243-332.
8. Приступа В. В. Исследование характеристик помехозащищенности беспроводных сетей с сигналами OFDM с внутрисканальной псевдослучайной перестройкой поднесущих частот в условиях установки оптимальных помех / В. В. Приступа, С. В. Зайцев // Математичні машини і системи. — К.: 2015. – № 1. – С. 84 – 95.
9. Мак-Вильямс Ф. Дж. Теория кодов, исправляющих ошибки / Ф. Дж. Мак-Вильямс, Н. Дж. Слоэн. – М. : Связь, 1979. – 744 с.
10. Сальник С.В. Аналіз методів виявлення вторгнень у мобільні радіомережі класу MANET / С.В. Сальник, О.Я. Сова, Д.А. Міночкін // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки. – К.: НУОУ, 2015. – № 1(22). –С. 103-112
11. Горбатий, І. В. Телекомунікаційні системи та мережі. Принципи функціонування, технології та протоколи : навч. посібник / І.В. Горбатий, А.П. Бондарев. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2016. – 336 с.
12. Хмельницький Ю.В. Забезпечення достовірності передачі інформації та сервісних послуг для високошвидкісних мереж при завадах / Ю.В Хмельницький, Д.П. Яковлев // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – К.: ВІКНУ, 2017. – Вип. № 57. – С. 111-119.

#### REFERENCES:

1. Kazimir V.V. Informacijni osnovi pobudovi telekomunikacijnih mrezh / V. V. Kazimir, V.V. Litvinov, S.M. SHkarlet, S.V. Zajcev // Visnik CHernigivs'kogo derzhavnogo tekhnologichnogo universitetu. - CHernigiv : CHDTU, 2013. – 340 s.



2. Mulyar I.V. Statystychnyy analiz realizatsiyi trafiku na samopodibnist' / I.V. Mulyar, V.V. Zavadovs'kyy. // Vymiryuval'na ta obchyslyuval'na tekhnika v tekhnolohichnykh protsesakh. - Khmel'nyts'kyy, 2014, #4 (49) С.142-145
3. Dolya A.E. Imitacionnaya model' besprovodnoj sistemy peredachi informacii s ispol'zovaniem tekhnologii HARQ i dopolnitel'noj apriornoj informacii dlya povysheniya dostovernosti peredachi / A.E. Dolya, S. V. Zajcev // Materiali Vseukr. nauk.-prakt. konf. molodih uchenih i studentiv «Novitni tekhnologii u naukovij diyal'nosti i navchal'nomu procesi», (CHernigiv, 28 kvitnya 2014 r.). – CHernigiv : CHernig. nac. tekhnol. un-t, 2015. – S. 70 – 71
4. Mulyar I.V. Otsinka protokoliv dynamichnoyi marshrutyzatsiyi dlya intehrovanykh merezh / I.V. Mulyar, A.I Sbitnyev., A.V., Dzhuliy, O.S. Lyenkov // Zbirnyk naukovykh prats' Viys'kovoho instytutu Kyivskoho natsional'noho universytetu imeni Tarasa Shevchenka. – K., 2013. – # 43. – S. 158 – 165.
5. Zajcev S. V. Matematichna model' ocinki dostovirnosti peredachi informacii v bezprovidnih merezhah za umov vplivu strukturnih zavad / S.V. Zajcev // Moloda nauka Ukraïni. Perspektivi ta prioriteti rozvitku : materialy HIV Vseukr. nauk.-prakt. konf. z mizhnar. uchastyu, (Kiïv, 26–27 grudnya 2013 r.). – K., 2014. – S. 174 – 175
6. Bortnik L. L. Analiz variantiv zastosuvannya imitacijnih zavad v radiokanalakh z OFDM / L. L. Bortnik, O. V. Kuvshinov, O. G. ZHuk // Suchasnij zahist informacii. – 2012. – Vip. 5. – S. 45 – 52.
7. SHennon K.EH. Matematicheskaya teoriya svyazi / K.EH. SHennon // Raboty po teorii informacii i kibernetike. – M.: Inostrannaya literatura, 1963. – S. 243-332.
8. Pristupa V.V. Issledovanie harakteristik pomekhozashchishchennosti besprovodnyh setej s signalami OFDM s vnutribitovoj psevdosluchajnoj perestrojkoj podnesushchih chastot v usloviyah ustanovki optimal'nyh pomekh / V.V. Pristupa, S. V. Zajcev // Matematichni mashini i sistemi. – K., 2015. – № 1. – S. 84 – 95.
9. Mak-Vil'yams F. Dzh. Teoriya kodov, ispravlyayushchih oshibki / F. Dzh. Mak-Vil'yams, N. Dzh. Sloehn. – M. : Svyaz', 1979. – 744 s.
10. Sal'nik S.V. Analiz metodiv viyavlennya vtorgnen' u mobil'ni radiomerezhni klasu MANET / S.V. Sal'nik, O.YA. Sova, D.A. Minochkin // Suchasni informacijni tekhnologii u sferi bezpeki. – K.: NUOU, 2015. – № 1(22). – S. 103-112
11. Gorbatij, I. V. Telekomunikacijni sistemi ta merezhi. Principi funkcionuvannya, tekhnologii ta protokoli : navch. posibnik / I.V. Gorbatij, A.P. Bondarev // – L'viv : Vidavnictvo L'vivs'koï politekhniki, 2016. – 336 s.
12. Hmel'nic'kij YU.V. Zabezpechennya dostovirnosti peredachi informacii ta servisnih poslug dlya visokoshvidkivnih merezh pri zavadah / YU.V Hmel'nic'kij, D.P. YAKovlev // Zbirnik naukovih prac' Vijs'kovoho instytutu Kiïvs'kogo nacional'nogo universitetu imeni Tarasa Shevchenka. – K.: VIKNU, 2017. – Vip. № 57. – S. 111-119.

**Рецензент:** д.т.н., доц., **Боряк К.Ф.**, завідувач кафедри метрології та метрологічного забезпечення Одеської державної академії технічного регулювання та якості, директор науково-дослідного інституту проблем стандартизації, сертифікації та експериментальної метрології

**к.т.н. Хмельницький Ю.В., к.т.н., с.н.с. Жиров Г.Б., Кульпак Н.В.**  
**ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДОСТОВЕРНОЙ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ**  
**ПОМЕХ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЯХ**

*В статье проведен анализ каналов передачи данных, применяют технологии, которые позволяют в режиме реального времени гарантировать качественную, надежную и достоверную передачу данных в условиях воздействия помех. В таких сетях обеспечение заданных значений показателей достоверной передачи информации осуществляется за счет использования кодирования. Во время передачи по каналам данных возникает много трудностей, связанных с влиянием природных, промышленных, преднамеренных и непреднамеренных помех.*

*В условиях динамических помех увеличивается вероятность ошибки, становится невозможным обеспечение заданного уровня надежности и достоверности информации с помощью простого использования известных методов кодирования. Неопределенность относительно природы помех приводит к появлению проблемы обеспечения надежной достоверности информации. В реальных каналах передачи информации сигналы при передаче искажаются, что приводит к воспроизведению сообщения на приемной стороне с некоторой ошибкой. Причиной таких искажений могут выступать как собственные шумы приемно-*

*передающей аппаратуры, так и действующие на канал передачи внешние воздействия как природного, так и искусственного происхождения.*

*В общем случае это ведет к снижению вероятности достоверной передачи информации и к снижению скорости передачи в телекоммуникационной сети. Причиной этого могут быть искажения, вносимые каналом и случайные изменения его параметров. В отличие от искажений помехи носят случайный характер. Они заранее неизвестны и поэтому не могут быть полностью устранены.*

*Ключевые слова: каналы передачи, телекоммуникационная сеть, помехи, искажения, достоверность передачи информации, надежность, неопределенность.*

Ph.D. Khmelnsky Yu. V, Ph.D. Zhiron G.B., Kulpak N.V.  
**ENSURE RELIABLE INFORMATION TRANSFER UNDER THE INFLUENCE OF  
INTERFERENCE IN TELECOMMUNICATIONS NETWORKS**

*In the article the analysis of transmission channels, use of technology, which allow in real time to ensure quality, valid and reliable data transmission under conditions of interference. In such networks ensure the specified values of the reliable information transmission is carried out through the use of coding. During transmission via the data channels, there are many difficulties associated with the impact of natural, industrial, intentional and unintentional interference.*

*In the conditions of dynamic noise increases the probability of error, it becomes impossible to ensure a predetermined level of reliability and accuracy of the information with a simple use of the known coding methods. Uncertainty about the nature of the interference leads to the problem of providing reliable accuracy of information. In real transmission channels of the information signals are distorted during transmission, which leads to playback of the message at the receiving side with some error. The reason for these distortions can act as intrinsic noise of the receiving and transmitting equipment, and acting on the transmission channel of external influence of both natural and artificial origin.*

*In the general case, this leads to a reduced probability of reliable transmission of information and to reduce the speed of transmission in a telecommunication network. The reason for this may be the distortions introduced by the channel and random changes of its parameters. In contrast to the distortion of the interference are random. They are not known in advance and therefore cannot be completely eliminated.*

*Keywords: transmission channels, telecommunication network, interference, distortion, reliability of information transmission, reliability, uncertainty.*