

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ  
ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА  
ЕЛЕКТРОІНЖЕНЕРІЇ  
КАФЕДРА РАДІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

**Б'ЄЛЯ ІВАН ІВАНОВИЧ**

УДК 004.7; 621.3

**МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ДОСТОВІРНОСТІ ДАНИХ У СИСТЕМАХ  
СТІЛЬНИКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ**

172 «Телекомунікація та радіотехніка»

**Автореферат**

дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Тернопіль  
2018

Роботу виконано на кафедрі радіотехнічних систем Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

**Керівник роботи:** кандидат технічних наук,  
завідувача кафедри радіотехнічних систем  
**Дунець Василь Любомирович,**  
Тернопільський національний технічний університет  
імені Івана Пулюя,

**Рецензент:** кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри біотехнічних систем  
**Хвостівський Микола Орестович,**  
Тернопільський національний технічний університет  
імені Івана Пулюя,

Захист відбудеться 20 лютого 2018р. о 10<sup>00</sup> годині на засіданні екзаменаційної комісії №25 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Текстильна, 28, навчальний корпус №9, ауд. 9-612.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Системи передачі даних мобільного зв'язку другого покоління 2G, третього покоління 3G, четвертого покоління 4G LTE-Advanced, систем мобільного радіодоступу WiFi та WiMax, дозволяють у режимі реального часу забезпечувати якісну передачу даних. Забезпечення заданих значень показників достовірності інформації в таких системах здійснюється за рахунок використання інформаційних технологій кодування.

Під час передачі даних безпроводовими каналами виникає багато труднощів, пов'язаних із впливом природних, промислових та інших завад, в яких динамічно змінюється ймовірність бітової помилки і тоді стає неможливим забезпечення заданого рівня достовірності інформації за допомогою простого використання відомих методів кодування, в тому числі й найбільш ефективних з них – LDPC-кодів та турбокодів.

Існуючі методи адаптивного управління, які застосовуються для забезпечення заданої достовірності інформації на основі завадостійких кодів, носять розрізнений характер. При обмеженнях на значення швидкості кодування в системах з параметричною адаптацією у випадку підвищення рівнів шумів до певного рівня забезпечення заданих характеристик достовірності інформації стає неможливим. Тому постає питання застосування багаторівневої адаптації, причому не тільки параметрів, а й структури кодів.

Також існує суперечність між обмеженими можливостями традиційних підходів щодо контролю, класифікації та кодування інформації, розрізненими методами та моделями забезпечення достовірності інформації, що ґрунтуються на надлишкових критеріях, та потребами створення організованої послідовності процесів адаптації багаторівневих систем з урахуванням невизначеності при прийнятті рішень для забезпечення сталої достовірності інформації.

Отже, наукова задача полягає у забезпеченні сталої достовірності інформації систем передачі даних в умовах апріорної невизначеності.

**Мета роботи:** підвищення достовірності безпроводових систем передачі даних в умовах апріорної невизначеності.

**Об'єкт, методи та джерела дослідження.** Основним об'єктом дослідження є процес підвищення достовірності кодованих даних у безпроводових інформаційно-телекомунікаційних системах. Методи виконання роботи: теорії кодування під час створення інформаційної технології забезпечення сталої достовірності передачі інформації в умовах апріорної невизначеності за рахунок застосування багаторівневої адаптації каскадних кодових конструкцій.

### **Наукова новизна отриманих результатів:**

- 1) обґрунтовано поняття сталої достовірності інформації в умовах апріорної невизначеності;
- 2) удосконалено метод формування адаптивних кодів з повтореннями за рахунок введення надлишковості в інформаційну послідовність завдяки врахуванню кореляційних властивостей ортогональних послідовностей та розробити критерії її оцінювання;
- 3) розроблено імітаційну модель процесу функціонування безпроводової

системи передачі даних;

4) проведено дослідження передачі інформації в умовах апріорної невизначеності, що ґрунтується на запропонованих методах багаторівневої адаптації каскадних кодових конструкцій.

#### **Практичне значення отриманих результатів.**

Розроблене програмне забезпечення яке має практичне значення як складова одиниця систем стільникового зв'язку для достовірності безпроводових систем передачі даних в умовах апріорної невизначеності.

**Апробація.** Викладені в дипломній роботі результати доповідалися і обговорювалися на VI міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (м. Тернопіль, 2017р.).

**Структура та обсяг.** Робота складається із вступу, восьми розділів, висновку, списку використаних джерел та додатків. Обсяг пояснювальної записка – 145 арк. формату А4.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

У **вступі** аналізується стан проблеми, обґрунтовується актуальність теми магістерської роботи, формулюються мета та завдання дослідження, визначаються наукова новизна та практичне значення отриманих результатів.

У **першому розділі «Аналіз наявної проблеми забезпечення сталої достовірності передачі інформації у безпроводових системах передачі даних»** присвячено аналізу наявної проблеми забезпечення сталої достовірності передачі інформації у безпроводових системах передачі даних.

Проведено аналіз напрямів розвитку та основних властивостей безпроводових систем передачі даних, аналіз сучасного стану та перспектив розвитку безпроводових мереж, описані принципи побудови систем передачі інформації по каналам з шумами та завадами, досліджено фактори, що призводять до невизначеностей при забезпеченні достовірності передачі інформації у безпроводових мережах, проведено аналіз методів забезпечення достовірності передачі інформації в безпроводових системах передачі даних.

У **другому розділі «Інформаційна технологія забезпечення сталої достовірності передачі інформації в умовах апріорної невизначеності за рахунок застосування багаторівневої адаптації каскадних кодових конструкцій»** приводиться загальний опис розробленої інформаційної технології забезпечення сталої достовірності передачі інформації в умовах апріорної невизначеності за рахунок застосування багаторівневої адаптації каскадних кодових конструкцій.

Вибір як зовнішній код використовується код Ріда-Соломона, а як внутрішній – багатокомпонентний турбокод. У кодері турбокоду використовуються рекурсивні систематичні згорткові коди, які виконують кодування інформаційної послідовності по діаграмі, структура якої залежить від поліноміальних генераторів. Декодування турбокодів відбувається ітеративно по ґратчастій діаграмі відповідного рекурсивного систематичного згорткового коду (РСЗК), при цьому для кожного біта

обчислюється дійсне представлення «м'якого» рішення або логарифмічне відношення функцій правдоподібності (ЛВФП).

**У третьому розділі «Розроблення методів адаптивного управління забезпеченням сталої достовірності передачі інформації у безпроводових системах передачі даних»** наведено метод структурної адаптації каскадних кодів та метод параметричної адаптації компонентних кодів турбокоду.

Метод структурної адаптації каскадних кодів призначений для забезпечення заданої достовірності передачі інформації БСПД при дії завад за рахунок динамічного синтезу комбінованих структур каскадних кодів.

Сутність методу полягає в застосуванні двоступеневої адаптації структури конкатенації кодів: на першому етапі відбувається визначення структури внутрішнього коду, а на другому, при автоматичному запиті на повторну передачу, – визначається структура компонентних кодів турбокоду.

**У четвертому розділі «Імітаційне моделювання процесу функціонування безпроводової системи передачі даних»** описано розроблену імітаційну модель процесу функціонування безпроводової системи передачі даних, яка включає векторну модель дискретно-неперервного каналу зв'язку (ДНКЗ) з урахуванням впливу навмисних завад. Запропонована імітаційна модель враховує методи та способи об'єднання компонентних кодів, властивості середовища поширення та має можливість у широких межах змінювати параметри кодів (поліноми, розмір кадру, типи перемежувачів, кількість компонентних кодів, структури конкатенації кодів, кількість ітерацій декодування, алгоритми декодування й інші параметри) для отримання статистичних характеристик з метою вдосконалення наявних та перспективних інформаційних технологій.

Використовуючи ортогональне представлення сигналів, процесів шуму та навмисних завад, отримані векторні моделі дискретно-неперервного каналу з сигналами OFDM, шумом та навмисними завадами.

**В спеціальній частині** описано програму MATLAB як програмне середовище для проведення експериментальних досліджень. Змодельовано систему передачі інформації з використанням послідовних турбокодів засобами комп'ютерної програми MATLAB.

**В частині «Обґрунтування економічної ефективності»** на підставі виконаних розрахунків та нормативних даних встановлено, що планова калькуляція вартості проведення досліджень по темі становить 58386,70 грн., а кількісна оцінка науково-технічна ефективність науково-дослідної роботи, яка здійснюється експертним шляхом за десятибальною шкалою і визначається як середньоарифметичне, що складає 0,685 від максимального числа 1, а рекомендації по результатам виконання НДР можуть бути сформульовані після ретельного аналізу отриманих результатів.

**В частині «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»** приводиться загальний опис управління охороною праці на галузевому рівні та органів державного нагляду за охороною праці. У підрозділі з безпеки в надзвичайних ситуаціях проаналізовано організацію оповіщення робітників і службовців підприємства з використанням систем автоматизованого централізованого оповіщення та забезпечення захисту виробничого персоналу

суб'єкта господарювання від зброї масового ураження.

**В частині «Екологія»** приводиться загальний опис впливу електромагнітного випромінювання на навколишнє середовище.

## **ВИСНОВКИ**

У роботі сформульовано й вирішено актуальну наукову задачу, яка полягає у забезпеченні сталої достовірності інформації систем передачі даних в умовах апіорної невизначеності за рахунок розроблення моделей і методів, що використовують упорядковану послідовність процесів багаторівневої адаптації каскадних кодових конструкцій та додаткові показники розкриття невизначеності декодування. Запропоновані в магістерській роботі наукові результати у своїй сукупності утворюють нову інформаційну технологію забезпечення сталої достовірності інформації в безпроводових системах передачі даних в умовах апіорної невизначеності, яка представлена у вигляді алгоритмів збору, зберігання та оброблення кодованих даних у процесі багаторівневої адаптації каскадних кодових конструкцій.

При цьому були отримані такі наукові та практичні результати:

1. обґрунтовано та запропоновано концепцію забезпечення сталої достовірності інформації, яка полягає у використанні упорядкованої послідовності процесів багаторівневої адаптації каскадних кодових конструкцій за заданими критеріями.

2. запропоновано використовувати показники невизначеності декодування при структурній та параметричній адаптації для забезпечення сталої достовірності.

3. змодельовано систему передачі інформації з використанням послідовних турбокодів засобами середовища MATLAB.

## **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ**

1. Б'єля І. І. Адаптивна фільтрація сигналів для підвищення достовірності у системах мобільного зв'язку /І. І. Б'єля // Актуальні задачі сучасних технологій : зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 16–17 листоп. 2017) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. – Тернопіль : ТНТУ, 2017. – С.20.

## **АНОТАЦІЯ**

Магістерська робота присвячена вирішенню актуальної наукової задачі забезпечення сталої достовірності інформації систем передачі даних в умовах апіорної невизначеності за рахунок розроблення моделей і методів, що використовують упорядковану послідовність процесів багаторівневої адаптації каскадних кодових конструкцій та додаткові показники розкриття невизначеності декодування. Запропоновано методи, розроблено моделі, які доведені до схематичних рішень та алгоритмів функціонування систем передачі даних, що працюють в умовах апіорної невизначеності та забезпечують сталу достовірність передачі інформації.

**Ключові слова:** безпроводові системи передачі даних, апіорна невизначеність, навмисні завади, каскадні коди, турбокоди, ітеративне декодування,

адаптивні системи, оцінка каналу, автоматичний запит повторної передачі, адекватність моделі.

### ANNOTATION

The Master's thesis is devoted to solving the actual scientific and applied problem of ensuring the constant reliability of information of data transmission systems under a priori uncertainty due to the development of models and methods that use an ordered sequence of processes of multilevel adaptation of cascade code structures and additional indicators of decomposition uncertainty disclosure. Methods are proposed, models are developed, which are brought to the schematic solutions and algorithms of functioning of data transmission systems operating in a priori uncertainty and ensure the constant reliability of information transmission

**Key words:** wireless data transmission systems, a priori uncertainty, intentional obstacles, cascading codes, turbo codes, iterative decoding, adaptive systems, channel estimation, automatic retransmission request, model adequacy

