

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор Інституту телекомунікацій і
глобального інформаційного
простору Національної академії наук
України



Олександр ТРОФИМЧУК

“16” липня 2026 р.

ПРОТОКОЛ № 3

засідання науково-технічного семінару Інституту телекомунікацій і
глобального інформаційного простору Національної академії наук України

м. Київ

«16» липня 2026 р.

Науково-технічний семінар проведено відповідно до Наказу по Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору Національної академії наук України (далі ІТГІП НАНУ) від 19 червня 2026 року № 54 - к/тр.

БУЛИ ПРИСУТНІ:

Клименко В.І., к.т.н., вчений секретар ІТГІП НАНУ; Зотова Л.В., зав. від. підготовки наукових кадрів вищої кваліфікації ІТГІП НАНУ; Лебідь О.Г., к.т.н., заст. директора з наукових питань ІТГІП НАНУ; Васянін В.О., д.т.н., с.н.с., зав.відділу ІТГІП НАНУ; Калюх Ю.І., д.т.н., проф., головний науковий співробітник ІТГІП НАНУ; Клименков О.А., к.т.н., с.н.с. ІТГІП НАНУ; Семко О.В., к.т.н., с.н.с. ІТГІП НАНУ; Триснюк В.М., д.т.н., проф., зав.відділу ІТГІП НАНУ; Терентьев О.М., д.т.н., доцент, пров.н.с. ІТГІП НАНУ; Рогожин О.Г., д.е.н., с.н.с., г.н.с. ІТГІП НАНУ; Устименко В.О., д.ф.-м.н., професор, завідувач відділу ІТГІП НАНУ; Яковлев Є.О., д.т.н., г.н.с. ІТГІП НАНУ; Корольок Д.В., д.ф.-м.н., професор, п.н.с. ІТГІП НАНУ (за сум.); Охарев В.О., к.т.н., ст.досл., с.н.с. ІТГІП НАНУ; Бідюк П.І., д.т.н., проф., п.н.с. (за сум. ІТГІП НАНУ; Просянкін-Жарова Т.І., д.т.н., доцент, п.н.с. ІТГІП НАНУ; Пустовіт О.С., м.н.с.; Черній Д.І., д.т.н., доцент, зав.кафедри КНУ ім.Т.Шевченка.

ГОЛОВУВАВ: Трофимчук О.М., д.т.н., професор, член-кор. НАН України, директор ІТГІП НАНУ.

ПОРЯДОК ДЕННИЙ:

Розгляд дисертаційної роботи аспіранта Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН Зайцевої Лілії Ігорівни на тему: «Інформаційна технологія підвищення достовірності передачі інформації на основі каскадних конструкцій коригувальних кодів», поданої на здобуття ступеня

доктора філософії з галузі знань – 12 Інформаційні технології за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки.

СЛУХАЛИ:

1. Повідомлення аспірантки Зайцевої Лілії Ігорівни на тему: **«Інформаційна технологія підвищення достовірності передачі інформації на основі каскадних конструкцій коригувальних кодів»**, поданої на здобуття ступеня доктора Освітньо-наукова програма «Інформаційні технології».

Тему дисертації затверджено на засіданні Вченої ради Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України (Протокол № 1 від 10 січня 2023р.).

Науковий керівник – Трофимчук Олександр Миколайович, доктор технічних наук, професор, член-кореспондент НАН України, директор Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору Національної академії наук України.

2. Запитання до здобувача.

Запитання по темі дисертації ставили:

Д.т.н., доцент Терентьев О.М.; д.ф.-м.н., професор Устименко В.О.; д.е.н., с.н.с. Рогожин О.Г.; д.т.н. професор Калюх Ю.І.; д.т.н., ст. досл. Лебідь О.Г.; д.т.н., доцент Черній Д.І.; д.т.н., с.н.с. Васянін В.О.; д.ф.-м.н., професор Королюк Д.В., Охарев В.О., к.т.н., ст.досл.; Клименков О.А., к.т.н.

3. Виступи за обговореною роботою.

В обговоренні дисертації взяли участь:

Д.т.н., доцент Черній Д.І.; д.т.н., доцент Терентьев О.М.; д.т.н., професор Калюх Ю.І.; д.ф.-м.н., професор Устименко В.О.; д.т.н., ст. досл. Лебідь О.Г.; д.ф.-м.н., професор Королюк Д.В., д.е.н., с.н.с. Рогожин О.Г.

УХВАЛИЛИ:

ПРИЙНЯТИ такий висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертаційного дослідження:

1. Актуальність теми дослідження

Дисертаційна робота присвячена дослідженню актуальних питань підвищення ефективності функціонування безпроводових засобів передачі даних через підвищення достовірності інформації в умовах апріорної невизначеності шляхом розроблення методів структурної адаптації турбо кодів та LDPC-кодів з використанням нейронних мереж.

У сучасних безпроводових системах передачі даних проблема забезпечення високої достовірності інформації є однією з ключових, оскільки процес передавання відбувається в умовах впливу різноманітних завад, багатопроменевого поширення сигналів, завмирань, зміни характеристик каналу зв'язку та обмеженого енергетичного ресурсу мобільних пристроїв. Для підвищення ефективності функціонування таких систем застосовуються комплексні технології підвищення завадостійкості, серед яких найбільшого поширення набули методи адаптивного кодування та модуляції, технології ортогонального частотного мультиплексування (OFDM), багатоантенні системи

передачі MIMO (Multiple Input Multiple Output), а також методи розширення спектра сигналів.

Одним із основних напрямів підвищення надійності передачі цифрової інформації є використання завадостійкого кодування, яке забезпечує можливість виявлення та виправлення помилок, що виникають у процесі проходження сигналу через канал зв'язку. На сучасному етапі розвитку телекомунікаційних систем найбільш поширеними кодовими конструкціями є турбо коди, коди з низькою щільністю перевірок на парність (LDPC-коди — Low Density Parity Check Codes) та полярні коди. Зазначені кодові конструкції характеризуються високою коригувальною здатністю та дозволяють наблизити ефективність передачі інформації до теоретичної межі Шеннона.

Турбо коди базуються на використанні каскадного з'єднання декількох простих кодів із застосуванням ітераційного декодування та обміну м'якою інформацією між декодерами. Їх основною перевагою є висока енергетична ефективність при роботі в умовах значного рівня шумів. LDPC-коди використовують розріджені матриці перевірок на парність та графове представлення структури коду, що дозволяє реалізовувати ефективні алгоритми декодування з використанням методів поширення довіри. Полярні коди, у свою чергу, забезпечують можливість досягнення пропускну здатності каналу при збільшенні довжини кодового слова та активно застосовуються у сучасних стандартах мобільного зв'язку.

Для забезпечення стабільної роботи безпроводових систем у змінних умовах каналу використовуються методи адаптації параметрів кодових конструкцій. Основна ідея адаптивного кодування полягає у динамічній зміні характеристик коду відповідно до поточного стану каналу зв'язку. До таких параметрів можуть належати швидкість кодування, довжина кодового слова, структура перевіркової матриці LDPC-коду, параметри перемежувача турбо коду, кількість ітерацій декодування та інші характеристики.

Недостатньо дослідженим напрямом залишається застосування структурної адаптації турбо кодів та LDPC-кодів із використанням методів штучного інтелекту, зокрема нейронних мереж. Використання нейромережових підходів дозволяє здійснювати аналіз характеристик каналу зв'язку, прогнозувати рівень завадового впливу та автоматично формувати оптимальну структуру кодової конструкції. Такий підхід дає можливість адаптувати не лише окремі параметри коду, а й змінювати його внутрішню структуру відповідно до поточних умов передачі інформації.

Таким чином, актуальним завданням є розроблення методів структурної адаптації турбо кодів та LDPC-кодів на основі нейронних мереж, що дозволить підвищити достовірність передачі інформації, зменшити ймовірність виникнення помилок та забезпечити більш ефективне функціонування сучасних безпроводових систем зв'язку.

Отже, дисертаційне дослідження присвячене вирішенню актуальної науково-технічної задачі, яка має важливе значення для розвитку сучасних систем безпроводової передачі даних. Її вирішення полягає у підвищенні рівня достовірності інформації шляхом створення методів структурної адаптації кодових конструкцій турбо кодів та LDPC-кодів із застосуванням

нейромережових технологій в умовах невизначеності характеристик каналу зв'язку.

Мета і задачі досліджень.

Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності функціонування безпроводових систем передачі даних в умовах впливу завад шляхом розроблення методів структурної адаптації кодових конструкцій із використанням технологій нейронних мереж.

Для поставленої мети слід розв'язати наступні задачі:

- 1) Дослідити сучасний стан систем безпроводової передачі даних, визначити основні фактори, що спричиняють зростання рівня помилок при передаванні інформації, а також розглянути та узагальнити існуючі методи зменшення похибок у сучасних безпроводових телекомунікаційних системах.
- 2) Розробити метод корекції параметрів логарифмічних відношень функцій правдоподібності декодерів турбо кода з використанням нейронних мереж.
- 3) Розробити метод структурної адаптації турбо кодів та LDPC-кодів за рахунок використання графової нейронної мережі.
- 4) Розробити метод вибору множин кодових конструкцій, що засновані на декодуванні за максимумом апостеріорної ймовірності, при впливі шумів та навмисних завад.

Об'єктом дослідження у дисертації є – процеси кодування та подальшої обробки інформаційних потоків у безпроводових каналах зв'язку.

Предметом дослідження є – методи підвищення достовірності передачі даних у безпроводових системах зв'язку.

Методи дослідження. Для досягнення цілей були застосовані наступні методи: *при створенні методу корекції параметрів логарифмічних відношень функцій правдоподібності декодерів турбо кода з використанням нейронних мереж – алгоритми теорії систем управління, завадостійкого кодування, систем адаптивного управління, імітаційного моделювання, штучного інтелекту; для розробки методу структурної адаптації турбо кодів та LDPC-кодів за рахунок використання графової нейронної мережі – методи оптимізації, методи теорії управління, імітаційного моделювання, математичний апарат ймовірності, статистики, теорії корегуючого кодування, теорії передачі та обробки інформації, штучного інтелекту; при створенні методу вибору множин кодових конструкцій, що засновані на декодуванні за максимумом апостеріорної ймовірності, при впливі шумів та навмисних завад – теорії імітаційного моделювання, теорії ймовірності, математичної статистики, виправляючого кодування, теорії передачі інформації.*

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Основні завдання дисертації стосуються Стратегії розвитку інформаційного суспільства в Україні. Дисертація виконувалась відповідно до НДР Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН

України «Створення засобів захищеного зв'язку для автоматизованих систем управління військовими підрозділами тактичного рівня» (№ ДР 0121U110826).

3. Наукова новизна одержаних результатів:

- **вперше** представлено метод корекції параметрів логарифмічних відношень функцій правдоподібності декодерів турбо кода з використанням нейронних мереж, що дозволить підвищити коригуючу здатність кодових конструкцій паралельного та послідовного турбо коду, і як наслідок, достовірності передачі інформації в умовах впливу завад різного походження, при цьому енергетичний виграш кодування становить 0,1-0,3 дБ в порівнянні із методами, які використовують класичні алгоритми BCJR. Відмінність розробленого методу від існуючих, що визначає його новизну, полягає у врахуванні принципу структурних особливостей конкатенацій турбо кодів, використання параметра невизначеності декодуванням та нейронних мереж для розрахунку вихідних логарифмічних відношень функцій правдоподібності.

- **вперше** запропоновано метод структурної адаптації турбо кодів та LDPC-кодів за рахунок використання графової нейронної мережі. Використання методу структурної адаптації турбо кодів та LDPC-кодів за рахунок використання графової нейронної мережі дозволяє отримати енергетичний виграш кодування, при використанні паралельного з'єднання PC3K в структурі турбо коду виграш кодування становить 0,6-0,85 дБ порівняно з випадком застосування LDPC-кодів, у випадку послідовного з'єднання PC3K в структурі турбо коду – 0,3-0,4 дБ порівняно з випадком застосування LDPC-кодів для різної кількості біт в блоці. Це забезпечується динамічною зміною конфігурації паралельної та послідовної конкатенації турбо- та LDPC-кодів залежно від результатів декодування, що дозволяє ефективніше використовувати надлишковість коду та зменшити ймовірність виникнення не виправлених помилок. На відміну від традиційних підходів, де параметри кодера та декодера задаються заздалегідь і залишаються незмінними протягом процесу передачі, запропонований метод передбачає адаптивну зміну структури паралельної та послідовної конкатенації турбо кодів і LDPC-кодів.

- **вдосконалено** метод вибору множин кодових конструкцій для дискретно-неперервного каналу із ймовірнісними кодами. Ефект від впровадження розробленого методу полягає у виборі кодових конструкцій, погоджених з характеристиками кодів та навмисних завад. Застосування отриманих кодових конструкцій дало енергетичний виграш до 5,4 дБ у порівнянні з використанням інших кодів при однаковій пропускну здатності при впливі різних видів навмисних завад. Відмінність розробленого методу від існуючих, що визначає його новизну, полягає в тому, що запропонований метод базується на нових аналітичних співвідношеннях для розрахунку пропускну спроможності дискретно-неперервного каналу зв'язку із ймовірнісними кодами, що засновані на декодуванні за максимумом апостеріорної ймовірності, з урахуванням впливу шуму та навмисних завад.

4. Теоретичне та практичне значення результатів роботи полягає в тому, що комплекс запропонованих наукових підходів формує нову інформаційну технологію підвищення достовірності передачі інформації на основі каскадних конструкцій коригувальних кодів.

Практичне використання результатів дисертаційного дослідження дає змогу:

здійснювати моделювання, вибір початкових налаштувань і параметричне налаштування кодерів та декодерів відповідно до характеристик завадового середовища під час розроблення й створення безпроводових засобів передачі даних;

виконувати оцінювання стану каналів зв'язку для забезпечення необхідної достовірності передавання інформації в умовах складної завадової обстановки;

досягати заданих показників достовірності передавання інформації шляхом застосування методів структурної адаптації завадостійкого кодування;

скорочувати трудомісткість, тривалість і вартість проектування та розроблення адаптивних безпроводових засобів передачі даних.

Результати дисертаційної роботи були впроваджені в Товаристві з обмеженою відповідальністю НІКС та Товаристві з обмеженою відповідальністю «Інформаційні системи захисту».

5. Апробація/використання результатів дисертації

Основні наукові результати досліджень доповідалися на XXI Міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційно-комунікаційні технології та сталий розвиток» (Київ, 14–16 листопада 2022 р.), XXIII Міжнародній науково-практичній конференції «Математичне моделювання та інформаційно-комунікаційні технології для зміцнення та відновлення» (Київ, 12-13 листопада 2024 р.).

6. Дотримання принципів академічної доброчесності

За результатами науково-технічної експертизи дисертація Дякона Дмитра Валерійовича визнана оригінальною роботою, яка не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень.

7. Перелік публікацій за темою дисертації із зазначенням особистого внеску здобувача.

Основні результати дисертаційної роботи опубліковані у 8 наукових роботах, у тому числі 6 статей у фахових виданнях України з технічних наук, 2 статті у збірниках, що входять до наукометричної бази Scopus, 2 публікації у матеріалах міжнародних та всеукраїнських конференцій.

Праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Zaitsev S. Method for Assessing the Reliability of Information Under Conditions of Uncertainty Through the Use of a Priori and a Posteriori Information of the Decoder of Turbo Codes, / Zaitsev S., Ryndych Y., Sokorynska N., Zaitseva L., Kurbet P., Horlynskyi B. // Mathematical Modeling and Simulation of Systems. – Springer (Lecture Notes in Networks and Systems). – Selected Papers of 17th International Conference, MODS. – 2023. – P. 215-228. (https://doi.org/10.1007/978-3-031-30251-0_17. (Scopus)).

Автором запропоновано метод оцінювання надійності інформації під час її високошвидкісного передавання радіоканалами в умовах підвищеного рівня шуму. Метод ґрунтується на обчисленні показника похибки декодування (коефіцієнта помилок) за критерієм максимуму апостеріорної ймовірності в системах із багатопараметричною адаптацією параметрів завадостійких кодів, зокрема турбокодів та кодів із низькою щільністю перевірок на парність (LDPC).

2. Zaitsev S. Mathematical Model for Evaluation of Interference Dispersion for 5G Mobile Communication Systems / Zaitsev S., Sokorynska N., Prystupa V., Zaitseva L. // Information and Communication Technologies and Sustainable Development. – Springer (Lecture Notes in Networks and Systems). – ICT&SD 2022, vol 809. – 2023. – P. 87-101. https://doi.org/10.1007/978-3-031-46880-3_6. (Scopus)

Особистий внесок автора: запропоновано математичну модель для ітераційного оцінювання дисперсії завад типу «білий гауссів шум» у бездротових системах передачі даних 5G.

3. Б.В. Горлинський. Формалізація процесу математичного моделювання адаптивної зміни структури кодів в безпроводових засобах передачі даних / Б.В. Горлинський, С.В. Зайцев, С.П. Казнадій, Л.І. Зайцева // Екологічна безпека та природокористування. – 2019. – Вип. 3 (31). – С. 64–78. <https://itgip.org/wp-content/uploads/2021/03/2019-31-1.pdf>

Автором запропонована формалізація процесу структурної адаптації турбо кодів за умов впливу завад, які призводять до виникнення невизначеності в процесі декодування корегувальних кодів.

4. Сокоринська Н. Метод адаптивного вибору розміру діаграм станів турбокодів у системах 5G та IoT / Н. Сокоринська, Ю. Постернак, Л. Зайцева, О. Руденок // Технічні науки та технології. – 2023. – № 2 (32). – С. 249-260. [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2023-2\(32\)-249-260](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2023-2(32)-249-260)

Використовуючи апіорні та апостеріорні дані декодера турбокоду автором запропоновано алгоритм зміни діаграми станів кодера/декодера турбокоду.

5. Курбет П. Метод адаптації рекурсивних систематичних згорткових кодів турбо кодів шляхом обходу вузлів просторової решітки / П. Курбет, Л. Зайцева // Кібербезпека: освіта, наука, техніка. – 2023. – № 2 (22). – С. 238-248. (<https://doi.org/10.28925/2663-4023.2023.22.238248>)

Автором в якості цільової функції обрана ймовірність білової помилки декодування інформації. Для розрахунку обрана ймовірність білової помилки декодування інформації запропоновано використовувати коди Боуза-Чоудхурі-Хоквінгема, так як для турбо кодів існують тільки наближені асимптотичні характеристики, які дають велику помилку при малих значеннях відношення сигнал/шум. Аналіз відомих робіт показує, що для покращення характеристик достовірності інформації використовуються схеми адаптації цих кодів.

6. Костюк, А., Зайцев, С., Василенко, В., & Зайцева, Л. (2025). Методи та стратегії UX-дослідження в розробці інтерактивних інтерфейсів. Екологічна

безпека та природокористування, 55(3), 108–115. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2025.3.108-115>.

7. Костюк, А., Зайцев, С., Василенко, В., & Зайцева, Л. (2025). ІДЕНТИФІКАЦІЯ ВІЙСЬКОВИХ ОБ'ЄКТІВ НА ОСНОВІ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ. Електронне фахове наукове видання «Кібербезпека: освіта, наука, техніка», 1(29), 609–627. <https://doi.org/10.28925/2663-4023.2025.29.912>.

Автор у статті дослідив ряд методів UX-дослідження та алгоритмічних підходів, що використовуються в розробці інтерактивних інтерфейсів, з особливим акцентом на розумінні цілей, уподобань, поведінки та потреб користувачів. Інформаційна система, розроблена для зберігання та обробки даних, слугувала тематичним дослідженням для практичної оцінки.

8. Zaitseva L. Method of parametric adaptation of parallel and sequential turbo codes using neural networks / L. Zaitseva // Environmental safety and natural resources. – Vol. 57(1). – 2026. – P. 214–224. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2026.1>

Автором запропоновано використання показника невизначеності декодування паралельних та послідовних турбо кодів на етапі навчання при визначенні вагових коефіцієнтів матриці ваг та при функціонуванні нейронних мереж.

9. Zaitsev S. Mathematical model for evaluation of interference dispersion for modern mobile communication systems / S. Zaitsev, N. Sokorynska, V. Prystupa, L. Zaitseva // Колективна монографія за матеріалами XXI Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційно-комунікаційні технології та сталий розвиток». – Київ, 14–16 листопада 2022 р. – С. 119–122.

10. Василенко В.М. Вдосконалення декодування LDPC-кодів в сучасних системах мобільного зв'язку 5G та космічного зв'язку / В.М. Василенко, С.В. Зайцев, Л.І. Зайцева, О.А. Руденок, П.М. Курбет / Математичне моделювання та інформаційно-комунікаційні технології для зміцнення та відновлення // Колективна монографія за матеріалами XXIII Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, 12-13 листопада 2024 р.) / За заг. ред. С.О. Довгого. – К.: ТОВ «Видавництво «Юстон», 2024.– С. 144-149. DOI: 10.37321.

ВВАЖАТИ, що дисертаційна робота Зайцевої Лілії Ігорівни «Інформаційна технологія підвищення достовірності передачі інформації на основі каскадних конструкцій коригувальних кодів», що подана на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань Інформаційні технології за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки за своїм науковим рівнем, новизною отриманих результатів, теоретичною та практичною цінністю, змістом та оформленням повністю відповідає вимогам, що пред'являють до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії та відповідає напрямку наукового дослідження Освітньо-наукової програми Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України «Інформаційні технології» зі спеціальності 122 Комп'ютерні науки.

РЕКОМЕНДУВАТИ:

1. Дисертаційну роботу **«Інформаційна технологія підвищення достовірності передачі інформації на основі каскадних конструкцій коригувальних кодів»**, подану Зайцевою Лілією Ігорівною на здобуття наукового ступеня доктора філософії, до захисту у разовій спеціалізованій вченій раді.

2. Вченій раді Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України утворити разову спеціалізовану вчену раду у складі:
Голова ради – д.т.н., професор Триснюк Василь Миколайович, завідувач відділу ІТГІП НАНУ

Члени ради:

- д.ф.-м.н., професор Устименко Василь Олександрович, завідувач відділу ІТГІП НАНУ (рецензент);
- д.т.н., с.н.с. Васянін Володимир Олександрович, завідувач відділу ІТГІП НАНУ (рецензент);
- д.т.н., доцент Семко Віктор Володимирович, провідний науковий співробітник Інституту прикладних систем управління НАН України (офіційний опонент);
- д.т.н., професор Крючкова Лариса Петрівна, професор кафедри інформаційної та кібернетичної безпеки імені професора Володимира Бурячка Київського столичного університету імені Бориса Грінченка, КМДА.

На підставі відкритого голосування рішення прийнято одногосно.

Головуючий на засіданні,

Д.т.н., професор, член-кор.НАНУ,
директор ІТГІП НАНУ



Олександр ТРОФИМЧУК

Гарант освітньо-наукової програми



Василь ТРИСНЮК

Вчений секретар
ІТГІП НАНУ, к.т.н., с.н.с.



Вікторія КЛИМЕНКО