

## РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу ПЕРЦЯ Костянтина Геннадійовича  
«Методи формування та реконструкції ансамблів складних сигналів в умовах завад в телекомунікаційних системах», подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії,  
спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»  
галузь знань 17 «Електроніка та телекомунікації»

### **1. Актуальність теми дисертації.**

Представлена дисертація здобувача ПЕРЦЯ Костянтина Геннадійовича «Методи формування та реконструкції ансамблів складних сигналів в умовах завад в телекомунікаційних системах», присвячена вирішенню актуальної науково-прикладної проблеми підвищення завадостійкості телекомунікаційних систем за рахунок забезпечення узгодженості кореляційних і структурних властивостей сигналів, а також підвищення точності їх реконструкції в умовах складного завадового середовища шляхом розробки нових методів, моделей і алгоритмів формування та відновлення ансамблів складних сигналів.

Актуальність дослідження обумовлена зростанням вимог до якості обробки сигналів у сучасних телекомунікаційних системах, що функціонують в умовах складного завадового середовища, наявності нелінійних спотворень та обмеженого частотного ресурсу. Традиційні методи обробки сигналів, як правило, не враховують нелінійний характер взаємодії сигналів і завад, що призводить до втрати частини інформативних компонентів спектра та зниження точності відновлення сигналів.

У дисертаційній роботі запропоновано підхід до формування та реконструкції ансамблів складних сигналів, який базується на використанні рядів Вольтерра для опису нелінійних процесів, методів регуляризації для стабілізації розв'язку та багатокритеріальної оптимізації на основі множників Лагранжа для забезпечення узгодженості параметрів сигналів. Це дозволяє підвищити точність спектральної реконструкції, зменшити вплив завад та забезпечити збереження структурних властивостей сигналів.

Запропоновані в роботі методи мають значний науково-практичний потенціал і можуть бути використані для підвищення ефективності телекомунікаційних систем, зокрема в умовах інтенсивного завадового впливу, нелінійних спотворень та обмежених ресурсів.

### **2. Оцінка наукового рівня дисертації.**

Представлене дисертаційне дослідження вирізняється цілісністю підходу до розробки та верифікації запропонованих методів формування та реконструкції

ансамблів складних сигналів. Автор забезпечує чітку відповідність між поставленими задачами та отриманими результатами, що відображає логічну послідовність переходу від теоретичного обґрунтування інтегрованого підходу до його алгоритмічної реалізації та експериментальної перевірки.

Розроблені методи спектральної реконструкції на основі рядів Вольтерра, керованої регуляризації за функцією Джемана–Маклюра та багатокритеріальної оптимізації з використанням множників Лагранжа реалізовані з урахуванням нелінійних взаємодій сигналів та завад, що підтверджено результатами чисельного моделювання в умовах різних типів завад. Проведений порівняльний аналіз доводить стабільну перевагу запропонованих методів, моделей і алгоритмів над існуючими підходами за показниками точності реконструкції, завадостійкості та узгодженості спектральних характеристик.

Поєднання сучасних методів нелінійного моделювання, регуляризації та оптимізації з алгоритмами програмної реалізації та експериментальною перевіркою результатів свідчить про належний науковий рівень виконаної роботи, обґрунтованість отриманих результатів та їх практичну значущість для телекомунікаційних систем.

### **3. Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень і висновків, сформульованих у дисертації.**

Наукові положення та висновки дисертаційної роботи Перця К. Г. мають достатній рівень обґрунтованості, що підтверджується комплексом ознак, передбачених сучасними критеріями наукової достовірності.

Розроблені методи формування та реконструкції ансамблів складних сигналів відповідають реальним умовам функціонування телекомунікаційних систем у складному завадовому середовищі, що забезпечується використанням коректних моделей спектрального та часово-частотного аналізу, а також нелінійного моделювання на основі рядів Вольтерра.

Запропоновані методи, моделі та алгоритми показують в роботі стабільність результатів при різних типах завад і рівнях їх інтенсивності. Проведене чисельне моделювання та серія експериментів, що відповідають основним положенням наукової новизни, забезпечують узгоджені результати, що свідчить про відтворюваність отриманих висновків.

Отримані результати не обмежуються окремими сценаріями моделювання, а можуть бути поширені на широкий клас задач обробки сигналів у телекомунікаційних системах, зокрема в умовах нелінійних спотворень, спектральних завад та обмежених ресурсів.

Логічна структура дисертаційної роботи забезпечує послідовний перехід від постановки задачі до отриманих результатів. Для кожного з розроблених методів

наведено математичне обґрунтування, опис алгоритмів реалізації, умови застосування та результати порівняльного аналізу з існуючими підходами.

Достовірність результатів підтверджується використанням експериментального моделювання, яке охоплює різні умови завадового впливу, а також оцінюванням ефективності за показниками похибки реконструкції, завадостійкості та узгодженості спектральних характеристик сигналів. Отримані результати демонструють переваги запропонованих методів у порівнянні з відомими підходами.

Таким чином, наукові положення та висновки дисертаційної роботи є обґрунтованими, достовірними та такими, що мають як теоретичну, так і практичну цінність для розвитку методів обробки сигналів у телекомунікаційних системах.

#### **4. Наукова новизна та практична цінність одержаних результатів та висновків.**

На основі розв'язання завдань дисертаційного дослідження сформульовано наукові результати і висновки, які в сукупності підтверджують досягнення поставленої мети.

1. Вперше розроблено інтегрований метод формування та реконструкції ансамблів складних сигналів у часово-частотній області, що поєднує спектральну реконструкцію на основі рядів Вольтерра, керовану нелінійну регуляризацію параметрів та багатокритеріальну оптимізацію з використанням множників Лагранжа, що забезпечує узгоджене формування ансамблів складних сигналів та стабільність їх відновлення в складних завадових умовах.

2. Удосконалено метод реконструкції сигналів у частотній області на основі рядів Вольтерра за рахунок введення регуляризації спектра за функцією Джемана–Маклюра, яка забезпечує вибіркове пригнічення малозначущих складових спектра та збереження інформативних складових спектра під час формування ансамблів складних сигналів.

3. Удосконалено метод багатокритеріальної оптимізації формування та реконструкції ансамблів складних сигналів у частотно-часовій області на основі множників Лагранжа, що забезпечує одночасну мінімізацію похибки відновлення, підвищення завадостійкості та підтримання ортогональності спектральних параметрів моделі.

**5. Практична цінність** дисертаційного дослідження полягає у розробці алгоритмів та механізмів формування та реконструкції ансамблів складних сигналів, ефективних для застосування в телекомунікаційних системах в складних завадових умовах, а саме:

– на основі порівняльного аналізу методів формування та реконструкції ансамблів складних сигналів обґрунтовано доцільність впровадження інтегрованого підходу;

– розроблено алгоритм та програмну реалізацію інтегрованого методу формування та реконструкції ансамблів складних сигналів у частотно-часовій області, який забезпечує локальне зменшення похибки в діапазоні 25–35 % порівняно з базовою частотною реконструкцією без локального узгодження та підвищує завадостійкість ансамблів сигналів у телекомунікаційних системах;

– розроблено алгоритм та програмну реалізацію поетапної спектральної реконструкції сигналів у завадових умовах з урахуванням нелінійних взаємодій на основі рядів Вольтерра, що забезпечує зменшення абсолютної похибки в діапазоні 15,2–20,6 % та, як наслідок, підвищення стійкості відновлення сигналів при переході від моделі першого до другого порядку;

– реалізовано механізм керованої регуляризації та оптимізації параметрів реконструкції, який забезпечує зменшення похибки відновлення сигналів у діапазоні 9,7–16,2% за помірних та до 40–50 % за інтенсивних завад порівняно з некерованими або безобмежувальними методами оптимізації, що свідчить про підвищення завадостійкості процесу реконструкції ансамблів складних сигналів;

– розроблено алгоритм та програмну реалізацію узгодженої локальної часової та глобальної частотної реконструкції сигналів, що забезпечує керований перехід між режимами обробки залежно від стану сигналу та зменшення локальної похибки відновлення у критичних часових ділянках зі зростанням коефіцієнта локальної відповідності на 10,4–14,5 % та зменшенням локальної середньоквадратичної похибки на 19,8–29,3 % без порушення узгодженості результатів реконструкції;

– реалізовано механізм керування режимами реконструкції на основі індикатора локальної нестабільності та вагового поєднання моделей, який забезпечує вибіркове залучення локальної часової реконструкції лише в зонах деградації сигналу з керуванням її внеском до 70–85 %, що дозволяє зберігати узгоджені властивості ансамблів сигналів під час реконструкції.

У сукупності отримані практичні результати забезпечують керовану реконструкцію ансамблів складних сигналів у завадових умовах з збереженням їх структурних та кореляційних властивостей, що підвищує завадостійкість та надійність роботи телекомунікаційних систем.

Розроблені рішення впроваджені в навчальному процесі для підготовки студентів спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка». В додатку до дисертації наведено відповідні акти впровадження, що підтверджують реальне застосування результатів дисертаційного дослідження.

## **6. Повнота викладення основних положень дисертації в опублікованих працях.**

Основні результати дисертаційного дослідження повною мірою відображені у 13 наукових публікаціях, з яких 4 статті опубліковано у фахових наукових виданнях України, а 9 – у збірниках матеріалів міжнародних науково-практичних конференцій. У зазначених публікаціях послідовно висвітлено основні положення дисертації, а також результати розробки методів формування та реконструкції ансамблів складних сигналів у складному завадовому середовищі.

Зміст публікацій охоплює всі основні складові дисертаційного дослідження, включаючи обґрунтування інтегрованого підходу до реконструкції сигналів, застосування рядів Вольтерра для моделювання нелінійних взаємодій, використання регуляризації за функцією Джемана–Маклюра та багатокритеріальної оптимізації на основі множників Лагранжа, а також результати експериментального моделювання та оцінки ефективності запропонованих методів.

Публікації логічно відповідають структурі дисертації, відображають етапність дослідження – від аналізу сучасних підходів до розробки власних методів, їх алгоритмічної реалізації та експериментальної перевірки. Це забезпечує повноту, системність і цілісність представлення отриманих результатів. У кожній статті чітко визначено особистий внесок здобувача у розробку методів, моделей і алгоритмів, що відповідає вимогам до дисертаційних досліджень.

Результати роботи пройшли належну апробацію на міжнародних науково-практичних конференціях, де отримали обговорення та позитивну оцінку фахової спільноти. Рівень публікаційної активності та апробації результатів відповідає вимогам Міністерства освіти і науки України до дисертаційних робіт на здобуття наукового ступеня доктора філософії, що підтверджує повноту викладення основних положень дисертації.

## **7. Оцінка змісту дисертації, її завершеності і відповідності встановленим вимогам.**

Дисертаційне дослідження Перця К.Г. повністю відповідає освітньо-науковій програмі спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти. Робота має загальноприйнятну структуру та складається з анотації, змісту, переліку умовних позначень, вступу, чотирьох розділів, загальних висновків і списку використаних джерел.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету, об'єкт, предмет і задачі дослідження, визначено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, наведено відомості про апробацію та публікації автора.

*У першому розділі* проведено аналіз сучасних методів формування та реконструкції ансамблів складних сигналів в умовах заводового середовища, визначено їх обмеження, зокрема недостатнє врахування нелінійних взаємодій та узгодженості спектральних характеристик, і обґрунтовано необхідність розробки інтегрованого підходу.

*Другий розділ* присвячено розробці інтегрованого методу формування та реконструкції ансамблів складних сигналів у часово-частотній області на основі рядів Вольтерра, який дозволяє враховувати нелінійні взаємодії спектральних компонент та забезпечує узгодженість параметрів сигналів.

*У третьому розділі* розглянуто питання підвищення точності реконструкції сигналів за рахунок застосування керованої регуляризації спектра на основі функції Джемана–Маклюра, а також удосконалення багатокритеріальної оптимізації з використанням множників Лагранжа для одночасного врахування кількох критеріїв ефективності.

*Четвертий розділ* містить алгоритми та програмну реалізацію поетапної спектральної реконструкції сигналів і механізм узгодженої локальної часової та глобальної частотної обробки, а також результати експериментального моделювання, що підтверджують ефективність запропонованих підходів у різних заводових умовах.

*У загальних висновках* узагальнено основні результати дисертаційного дослідження, які свідчать про вирішення поставленої наукової задачі.

Зміст дисертації, опубліковані праці автора та сформульовані висновки свідчать про повне виконання поставлених завдань. Матеріал викладено послідовно, з використанням сучасного математичного апарату, стандартної наукової термінології та обґрунтованих підходів до аналізу і синтезу сигналів, що забезпечує його зрозумілість для фахівців галузі.

Результати дослідження підтверджені експериментальним моделюванням, представлені у вигляді графіків і числових оцінок, що дозволяє об'єктивно оцінити ефективність запропонованих методів за показниками точності реконструкції та заводостійкості.

Послідовність викладення матеріалу, логічність структури, рівень наукових результатів та оформлення дисертації відповідають вимогам, встановленим нормативними документами Міністерства освіти і науки України щодо дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

## **8. Відсутність (наявність) порушень академічної доброчесності.**

Аналіз змісту дисертаційної роботи Перця К.Г., а також його наукових публікацій дає підстави стверджувати, що порушень академічної доброчесності не виявлено.

У роботі коректно використано наукові джерела, на які наведено відповідні

посилання. Запозичені положення, ідеї та результати інших авторів належним чином процитовано із дотриманням вимог академічної етики. Ознак академічного плагіату, самоплагіату, фабрикивання чи фальсифікування результатів не виявлено.

Текст дисертації має ознаки самостійного наукового дослідження, а викладені результати відповідають задекларованому особистому внеску здобувача.

Таким чином, дисертаційна робота відповідає встановленим вимогам щодо дотримання академічної доброчесності.

## **9. Зауваження до змісту та оформлення дисертації.**

До змісту роботи виникли наступні запитання.

1. У розділі 2, де представлено інтегрований метод формування та реконструкції ансамблів складних сигналів на основі рядів Вольтерра, недостатньо детально обґрунтовано вибір порядку моделі Вольтерра (зокрема перехід від першого до другого порядку). Доцільно було б розширити аналіз компромісу між точністю реконструкції та обчислювальною складністю моделі.
2. У підрозділах, присвячених спектральній реконструкції, не в повній мірі розглянуто питання впливу параметрів регуляризації за функцією Джемана–Маклюра на якість відновлення сигналів. Зокрема, потребує уточнення вибір параметрів регуляризації в залежності від рівня завад та типу сигналу.
3. У розділі 3, де розглянуто багатокритеріальну оптимізацію на основі множників Лагранжа, доцільно було б більш детально висвітлити питання вибору вагових коефіцієнтів критеріїв оптимізації та їх впливу на збіжність і стійкість рішення.
4. У розділі 4, при описі алгоритму узгодженої локальної часової та глобальної частотної реконструкції сигналів, недостатньо детально розглянуто механізм визначення зон локальної нестабільності сигналу та критерії переходу між режимами обробки. Додаткове формалізоване обґрунтування цього механізму підвищило б практичну цінність методу.
5. У роботі представлено значний обсяг експериментальних результатів, однак доцільно було б розширити аналіз обчислювальної складності запропонованих алгоритмів, зокрема з урахуванням їх застосування в системах реального часу.

Слід відмітити деякі рекомендації щодо оформлення роботи:

– у роботі окремі теоретичні положення (зокрема опис моделей Вольтерра, регуляризації та оптимізації) подані у різних підрозділах, що частково ускладнює їх цілісне сприйняття.

Наведені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи та не зменшують наукову новизну і практичну значущість отриманих результатів.

#### **10. Висновок щодо відповідності дисертації чинним вимогам.**

1. Дисертаційну роботу ПЕРЦЯ Костянтина Геннадійовича «Методи формування та реконструкції ансамблів складних сигналів в умовах завад в телекомунікаційних системах» можна вважати завершеною науковою працею, що включає самостійні авторські висновки і результати, які мають наукове підґрунтя і є адаптовані для практичного застосування в галузі телекомунікацій.

2. Дисертаційна робота за змістом та оформленням відповідає «Вимогам до оформлення дисертації», Наказ № 40 МОН України від 12.01.2017 р. зі змінами, внесеними згідно з Наказом МОН України № 759 від 31.05.2019р.

3. Дисертаційна робота відповідає спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка», галузі знань 17 «Електроніка та телекомунікації» та вимогам постанови «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» затвердженої Кабінетом Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 р (зі змінами, внесеними згідно з Постановою КМУ № 502 від 19.05.2023р.), а її автор, Перець Костянтин Геннадійович заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка», галузі знань 17 «Електроніка та телекомунікації».

Рецензент  
професор кафедри транспортного зв'язку,  
доктор технічних наук, професор  
«03» квітня 2026 року

Микола ШТОМПЕЛЬ