

**О. В. СТАЛЬЧЕНКО**  
**М. В. ВАСИЛЬКІВСЬКИЙ**  
**О. Ю. КОЗЮК**  
**А. А. ГРИНЬ**

## **ПІДВИЩЕННЯ ЗАВАДОЗАХИЩЕНОСТІ КАНАЛІВ ПЕРЕДАЧІ ІЗ ЗАВАДАМИ НА ОСНОВІ МЕТОДІВ ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ**

Вінницький національний технічний університет

### **Анотація**

*Вирішено наукове завдання підвищення завадо захищеності каналів зв'язку із складними видами завад на основі розробки нових більш ефективних методів нелінійної обробки сигналів у спектральній області.*

**Ключові слова:** *завадостійкість, зосереджена завада, імпульсна завада, флуктуаційна завада, канал зв'язку із пам'яттю, придушення складних завад, нелінійна обробка сигналів.*

### **Abstract**

*The scientific task of increasing the protection of communication channels with complex obstacles is solved based on the development of new, more effective methods of nonlinear signal processing in the spectral region.*

**Keywords:** *noise immunity, interference, impulse noise, fluctuation interference, communication channel with memory, suppression of difficult obstacles, nonlinear signal processing.*

### **Вступ**

На сьогоднішній день, по причині стрімкого росту числа і різноманіття стаціонарних і мобільних засобів зв'язку, зіптовхнулося із необхідністю рішення сучасними телекомунікаційними комплексами актуальної і найважливішої задачі – забезпечення високої якості надаваних ними послуг зв'язку. Як результат це призводить до посилення вимог до їх електромагнітної сумісності, а також врахування того факту, що більшість систем зв'язку функціонує в умовах дії складної завадової обстановки при дії усіх видів завад – флуктуаційних, зосереджених і імпульсних.

Одними з перших, хто у своїх роботах представив результати досліджень можливих шляхів покращення завадостійкості каналів зв'язку, можна вважати Котельнікова В.А. з теорією потенційної завадостійкості та Шеннон К. з основами теорії оптимального кодування. Однак, слід враховувати ще і те, що з перелічених вище завад лише флуктуаційні можуть бути представлені гаусівськими моделями, решта ж, здебільшого мають негаусівську основу. Крім того, постійне збільшення швидкості передачі призводить до того, що деякі завади, які співмірні з первинним елементом сигналу як по тривалості, так і по ширині спектру, важко класифікувати, а тому вони займають проміжне положення. Тому, останнім часом, більше уваги приділяється саме рішенням задач дискретних і безперервних повідомлень в умовах дії складних негаусівських завад. Використання моделей завад у вигляді марківських процесів, що представлені у вигляді нелінійних стохастичних диференційних рівнянь, можна вважати найбільш сприятливим підходом. Це дає можливість забезпечити найбільш вагомий результати у цій області, а також отримати фундаментальні результати в області нелінійної фільтрації, яка застосовувалась для оцінювання невідомих характеристик та виявлення сигналів на фоні негаусівських завад і інших напрямках. Авторами робіт уданому напрямку є: Стратонович Р.Л., Кловський Д.Д., Мелс Дж., Широков С.М. та інші [1-3]. Якщо задатися питанням чи є моделі перелічених завад проблемними лише для техніки зв'язку, то відповідь буде очевидною, що ні, тому що з ними стикаються і у радіонавігації, і у радіолокації, і у телемеханіці, і у багатьох інших областях.

Таким чином, проблеми, що викликані наявністю цих завад є загальними, а також такими, що призводять при експлуатації техніки зв'язку, до залучання достатньо складних алгоритмів обробки

сигналів, реалізація яких передбачає введення великої кількості допущень. А це, у свою чергу, призводить до погіршення показників якості прийому. Одним із ефективних рішень цієї складної задачі і є застосування теоретичного апарату марківських процесів у вигляді нелінійних стохастичних диференціальних рівнянь. Щодо адаптації відомих алгоритмів прийому до реальних змін параметрів каналів і заводової обстановки та модифікації відомих вже методів обробки сигналів, із врахуванням вище зазначених факторів, то вони виступають найбільш ефективними підходами при розробці відповідних алгоритмів.

Більшість вже відомих методів прийому сигналу використовуючи методи адаптивної фільтрації, інтерполяції та нелінійного перетворення суміші сигналу і завад на основі, наприклад, бланкіруючих пристроїв або інших обмежувачів безінерційних нелінійних елементів, забезпечують достатньо ефективний захист від імпульсних завад. Щодо зосереджених завад, особливо негаусівських, то ефективність боротьби з ними пов'язана із певними ускладненнями. Ще більш ускладнює ситуацію наявність у каналах зв'язку завад проміжного типу, а для їх подавлення, як правило, використовують оціночно-компенсаційні методи та методи режекторної і медіанної фільтрації.

Основними недоліками цих методів є їх достатньо низька ефективність в умовах дії негаусівських завад, що мають значення ширини спектру, тривалості і амплітуди такі самі, як і у сигналі. У цьому випадку більшість методів взагалі не можуть бути використані і рішення саме цієї задачі є найбільш ускладненою. Саме тому, по сьогоднішній день задача розробки ефективних методів захисту від таких завад залишається відкритою.

Стрімке зростання різновидів мікропроцесорної техніки наряду із появою нових методів цифрової обробки сигналів, створюють необхідні умови для технічного рішення цієї задачі, а це, у свою чергу, дає можливість проводити нелінійну обробку у спектральній області. Не дивлячись на те, що цей напрямок у техніці обробки сигналів поки ще слабо розвинутий, та він вже встиг отримати як теоретичне, так і практичне обґрунтування у багатьох роботах вітчизняних і закордонних спеціалістів, як Варакін Л.Є., Вігербі Е.Д., Стеклов В.К., Беркман Л.Н., Бартсекас Д.В., Захаров Д.В., Широков С. М., Фінк Л.М., Нетес В.А., Якубайтіс В.А., Лазарев В.Г., Аріпов М.Н., Нечипоренко В.І., Куо Ф.Ф., Шнепс М.А., Ширман Я.Д., Болгер Джон, Галлагер Р., Сігалл А. та інші, а досліджені ними перетворення у спектральній області достатньо ефективно використовуються у техніці обробки зображень і мовних сигналів [1-3]. Рішення саме цієї поставленої задачі складає основну частину представленої роботи, яка спирається на теоретичні результати в області теорії нелінійних хвильових процесів, а основані на ній методи фазової фільтрації призначені для підвищення ефективності систем передачі інформації у каналах із пам'яттю і складними видами завад.

Метою роботи є підвищення заводозахищеності каналів зв'язку із складними видами завад на основі нелінійних методів цифрової обробки сигналів.

## Основна частина

В результаті порівняльного аналізу характеристик негаусівських завад великі складнощі викликає спільне придушення імпульсних та зосереджених завад. Окрім цього, у зв'язку із збільшенням робочих швидкостей передачі та спільне придушення тривалостей заважаючих імпульсів та елементів сигналів, ці завади представляють собою завади проміжного виду. Вони мають вплив на передачу, як дискретних, так і неперервних повідомлень – основний заважаючий вплив. Показано, що в цих умовах ЗЗ можливо приймати за окремий вид, такої завади. З аналізу різноманітних підходів до вирішення задач обробки сигналів в каналах з такими видами завад було з'ясовано, що найбільш оптимальною моделлю для вирішення поставленої наукової задачі, є модель негаусівської завади з незалежною спектральною складовою. Встановлено, що для забезпечення ефективності придушення описаних завад, запропонований метод боротьби із ними, окрім простої технічної реалізації повинен придушувати найбільш широкий клас завад, та забезпечувати роздільне придушення з врахуванням їх специфіки [1].

На основі отриманих результатів порівняльного аналізу, використаних методів боротьби з негаусівськими завадами можливо зробити висновок - суттєве попереднє спотворення суміші збільшує ефективність існуючих порогових методів. Встановлено також, що для завад спектр яких вузький, а ніж спектр сигналу, або має наближене значення, то таке попереднє спотворення доцільно виконувати в частотній області. Такі спектральні перетворення повинні задовольняти вимогам

зворотності, ефективній селективності та простоті технічної реалізації. Встановлено, що подібним вимогам в максимальній мірі задовольняє нелінійне перетворення, яким описується зміна імпульса в середовищі з роздільними параметрами та забезпечує ефект стиснення імпульсів визначеної амплітуди без зміни основної суміші сигналів. В такому перетворенні присутня фазова характеристика, яка має залежність від еволюції огинаючої суміші. Для цього перетворення були розроблені математичні моделі в формі рівнянь шридингерівського типу [2].

Отримані теоретичні оцінки ступеня стиснення спектрів імпульсів та стійкості перетворення до флуктуацій огинаючої і параметрів спектрів, а також теоретичні оцінки імовірностей помилок під час прийому дискретних повідомлень з використанням розробленого нелінійного спектрального перетворення. Ці результати підтверджують виконане раніше допущення про ефективність використання цього перетворення у поєднанні з пороговими методами придушення негаусівських завад [3].

Результати цього дослідження підтверджують виконаний раніше висновок про ефективність використання цього методу та показуються його ефективність під час використання в реальних каналах зв'язку.

### Висновки

У результаті проведеного у роботі порівняльного аналізу характеристик негаусівських завад, було показано, що великі складнощі викликає спільне придушення імпульсних та зосереджених завад. Крім того, у зв'язку із збільшенням робочих швидкостей передачі та сумірністю тривалостей заважаючих імпульсів і елементів сигналів, ці завади представляють собою завади проміжного виду.

З аналізу різноманітних підходів до вирішення задач обробки сигналів у каналах з такими видами завад було з'ясовано, що найбільш оптимальною моделлю для вирішення поставленого у цій роботі завдання, є модель негаусівської завади з незалежними спектральними складовими. Встановлено, що для забезпечення ефективності придушення описаних завад, припущена методика боротьби з ними, окрім простої технічної реалізації, повинна придушувати найбільш ширший клас завад, та забезпечувати їх роздільне придушення з врахуванням специфіки кожної.

На основі результатів порівняльного аналізу методів боротьби з негаусівськими завадами, що застосовуються зараз, було зроблено висновок, що деяке предспотворення суміші сигналів може суттєво збільшити ефективність існуючих порогових методів. Встановлено також, що для завад, спектр яких вужчий за спектр сигналу, або має ширший спектр, таке предспотворення і порогову селекцію доцільно виконувати у частотній області. Таке спектральне перетворення повинно задовольняти вимогам зворотності, ефективної селективності та простоти технічної реалізації.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Джиган В.И. Адаптивная фильтрация сигналов. Теория и алгоритмы. М.: Техносфера, 2013. – 528с.
2. E.V. Ivanichenko. Digital signals processing using non-linear orthogonal transformation in frequency domain /E.V.Ivanichenko// Вісник Житомирського державного технологічного університету. – 2017. - №2 (80). – С. 116 – 118.
3. Іваніченко Є.В./ Розв'язання задач цифрової обробки даних за допомогою операторів з унітарною нелінійністю / М.П. Трембовецький, Є.В. Іваніченко, А.П. Бондарчук// Зв'язок. – 2017. – №5. – С. 23 – 25

*Васильківський Микола Володимирович* – канд. техн. наук, доцент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: mvasylkivskyi@gmail.com

*Стальченко Олександр Володимирович* – канд. тех. наук, доцент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, Вінниця. e-mail: magicphenix@gmail.com.

*Козюк Олексій Юрійович* – студент групи ТКС-18м, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: liptonice776@gmail.com.

*Гринь Артем Анатолійович* - студент групи ТКТ-17мс, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

**Vasylykivskiy Mikola V.** – Ph.D., Senior lecturer of the Chair of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: mvasylkivskiy@gmail.com.

**Stalchenko Alexandr Vol.** – Ph.D., Senior lecturer of the Chair of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia. e-mail: magicphenix@gmail.com.

**Kozyuk Alexey Yuryevich** – group TKS-18m, The Faculty of Infocommunications, Radioelectronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnitsia, e-mail: liptonice776@gmail.com.

**Grin Artem Anatolyevich** – group TKT-17ms, The Faculty of Infocommunications, Radioelectronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnitsia.