

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ
за матеріалами XI Всеукраїнської науково-практичної конференції
«ЕЛЕКТРОННІ ТА МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ:
ТЕОРІЯ, ІННОВАЦІЇ, ПРАКТИКА»

18 грудня 2025 року



Полтава 2025

УДК 621.391.8:621.396.67:004.421.2:004.89

О.В. Шефер, д.т.н., професор,

В.С. Ястреба, аспірант

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

ЧАСТОТНО-ЧАСОВІ ТА АДАПТИВНІ МЕТОДИ ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ ШИРОКОСМУГОВИХ СИГНАЛІВ У БАГАТОКАНАЛЬНИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

Сучасний етап розвитку телекомунікаційних систем характеризується стрімким зростанням обсягів переданої інформації, розширенням спектральних діапазонів та ускладненням сигнально-завадової обстановки. Це зумовлює широке використання широкосмугових сигналів у системах мобільного, супутникового та бездротового зв'язку нового покоління. У таких умовах цифрова обробка сигналів відіграє ключову роль у забезпеченні високої пропускну здатності, завадостійкості та енергоефективності телекомунікаційних систем.

Особливу актуальність набуває розроблення нових і вдосконалення існуючих методів цифрової обробки широкосмугових сигналів, які здатні працювати в режимі реального часу та адаптуватися до змінних умов передачі інформації.

Широкасмугові сигнали характеризуються значною смугою пропускання, складною часово-частотною структурою та високими вимогами до точності синхронізації. Застосування таких сигналів дозволяє підвищити швидкість передавання даних, покращити спектральну ефективність і забезпечити стійкість до багатопроменевого поширення. Водночас це призводить до зростання обчислювальної складності алгоритмів обробки та підвищених вимог до апаратних ресурсів [1].

У телекомунікаційних системах широкосмугові сигнали часто використовуються у поєднанні з багатоканальними та багатопозиційними методами передавання, що додатково ускладнює задачі фільтрації, детекції та оцінювання параметрів сигналів.

Одним з основних напрямів цифрової обробки широкосмугових сигналів є частотно-часовий аналіз. Широко застосовуються швидке перетворення Фур'є, вейвлет-перетворення та методи короткочасного спектрального аналізу. Такі підходи дозволяють ефективно описувати нестационарні процеси та виділяти корисні компоненти сигналу на фоні шумів і завад [1].

Важливе місце займають цифрові фільтри, зокрема адаптивні та багатосмугові фільтри, які використовуються для пригнічення завад, компенсації спотворень каналу та формування спектра сигналу [2]. Адаптивні алгоритми, такі як LMS та RLS, забезпечують автоматичне

підлаштування параметрів фільтра до поточних умов передачі, що є особливо важливим для рухомих і багатопроблемних каналів зв'язку.

Окрему увагу приділено методам цифрової модуляції та демодуляції широкосмугових сигналів, зокрема OFDM, UFSM та FFSM. Ці методи дозволяють ефективно використовувати спектр і забезпечують високу стійкість до міжсимвольних завад, що є критично важливим для сучасних та перспективних телекомунікаційних систем.

Сучасні тенденції розвитку цифрової обробки сигналів передбачають активне використання методів штучного інтелекту та машинного навчання. Інтелектуальні алгоритми застосовуються для задач класифікації сигналів, оцінювання параметрів каналу, адаптивного розподілу ресурсів та оптимізації алгоритмів обробки [2].

Використання нейронних мереж і методів глибокого навчання дозволяє підвищити точність обробки широкосмугових сигналів в умовах складної заводської обстановки та обмежених апаратних ресурсів. Особливо перспективним є поєднання класичних методів цифрової обробки з інтелектуальними алгоритмами, що забезпечує баланс між обчислювальною складністю та якістю обробки.

Реалізація методів цифрової обробки широкосмугових сигналів потребує врахування обмежень апаратної платформи, зокрема швидкодії процесорів, енергоспоживання та затримок обробки. Актуальними є питання оптимізації алгоритмів, паралельної обробки даних і використання спеціалізованих апаратних засобів, таких як DSP-процесори, FPGA та GPU. Застосування програмно-конфігурованих радіосистем і гнучких архітектур обробки сигналів дозволяє швидко адаптувати алгоритми до різних сценаріїв використання, що є важливою вимогою для сучасних телекомунікаційних систем.

Розроблення методів цифрової обробки широкосмугових сигналів є одним з ключових напрямів розвитку телекомунікаційних систем. Поєднання класичних алгоритмів цифрової обробки з адаптивними та інтелектуальними методами дозволяє забезпечити високу ефективність передавання інформації, заводостійкість і гнучкість систем зв'язку. Подальші дослідження у цьому напрямі пов'язані з оптимізацією обчислювальної складності, впровадженням штучного інтелекту та адаптацією методів обробки до вимог систем зв'язку наступних поколінь.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Самборський І. І., Шолохов С. М., Юрченко О. В. *Основи цифрової обробки сигналів.* – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 171 с.
2. Дікарев О. В. *Цифрова обробка сигналів: навчально-методичний посібник.* – Київ: ДУІКТ, 2009. – 156 с.

**TIME-FREQUENCY AND ADAPTIVE METHODS OF DIGITAL
PROCESSING OF BROADBAND SIGNALS IN MULTI-CHANNEL
TELECOMMUNICATION SYSTEMS**

O. Shefer, Doctor of Science, professor,

V. Yastreba, postgraduate

National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic"