

ІНСТИТУТ МАТЕМАТИКИ
МНО АЗЕРБАЙДЖАНСЬКОЇ РЕСПУБЛІКИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
"ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АЕРОКОСМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
"ХАРКІВСЬКИЙ АВІАЦІЙНИЙ ІНСТИТУТ"
УНІВЕРСИТЕТ МІСТА ЖИЛІНА

СУЧАСНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЗАСОБІВ УПРАВЛІННЯ

Тези доповідей шістнадцятої міжнародної
науково-технічної конференції
29 – 30 квітня 2026 року
Том 5: секція 6

Баку – Харків – Жиліна – 2026

У збірнику подано тези доповідей шістнадцятої міжнародної науково-технічної конференції "Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління". Розглянуті питання за такими напрямками: теоретичні та прикладні аспекти систем прийняття рішень, оптимізації та управління системами і процесами; комп'ютерні методи та засоби інформаційно-комунікаційних технологій та управління; безпека функціонування комп'ютерних систем та мереж; інформаційні технології у цивільній безпеці; сучасні інформаційно-вимірювальні системи; інформаційні технології у цивільній безпеці.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

Співголови оргкомітету

ГАШИМОВ Ельшан Гяс огли (д.н.б. & в.н., проф., ІМ АР, Баку, Азербайджан);
КОВАЛЕНКО Андрій Анатолійович (д.т.н., проф., ХНУРЕ, Харків, Україна);
КУЧУК Георгій Анатолійович (д.т.н., проф., НТУ «ХПІ», Харків, Україна);
ЛЕВАШЕНКО Віталій (к.т.н., проф., Ун-т міста Жиліна, Жиліна, Словаччина);
ФЕДОРОВИЧ Олег Євгенович (д.т.н., проф., НАУ «ХАІ», Харків, Україна).

Члени оргкомітету

ГЛАВЧЕВ Максим Ігорович (к.в.н., доц., НТУ «ХПІ», Харків, Україна);
ГЛИВА Валентин Анатолійович (д.т.н., проф., КНУБА, Київ, Україна);
ДОРОНІН Євген Володимирович (к.т.н., доц., ДУ «КАІ», Київ, Україна);
ЗАЙЦЕВА Єлена (к.т.н., проф., Ун-т міста Жиліна, Жиліна, Словаччина);
КАЛІНІН Євгеній Іванович (д.т.н., проф., НУ БрПку, Київ, Україна);
КАРПІНСЬКІ Миколай (д.н., проф., Університет Бельсько-Бяла, Польща);
КОЛОМІЙЦЕВ Олексій Володимирович (д.т.н., проф., НТУ «ХПІ», Харків, Україна);
КОСЕНКО Віктор Васильович (д.т.н., проф., НУ «ПП», Полтава, Україна);
ЛЕВЧЕНКО Лариса Олексіївна (д.т.н., проф., НТУУ «КПІ», Київ, Україна);
ЛЕЩЕНКО Олександр Борисович (к.т.н., проф., НАУ «ХАІ», Харків, Україна);
МОЖАСВ Олександр Олександрович (д.т.н., проф., ХНУВС, Харків, Україна);
ПОДОРОЖНЯК Андрій Олексійович (к.т.н., доц., НТУ «ХПІ», Харків, Україна);
РОМАНЕНКОВ Юрій Олександрович (д.т.н., проф., ХНУРЕ, Харків, Україна);
РУБАН Ігор Вікторович (д.т.н., проф., ХНУРЕ, Харків, Україна);
СЄВЕРІНОВ Олександр Васильович (к.т.н., доц., ХНУРЕ, Харків, Україна);
СЕМЕНОВ Сергій Геннадійович (д.т.н., проф., УКНО, Краків, Польща);
СМІРНОВ Олександр Анатолійович (д.т.н., проф., ЦНТУ, Кропивницький, Україна);
ТРЕТЬЯКОВ Олег Вальтерович (д.т.н., проф., ДУ «КАІ», Київ, Україна);
ШЕФЕР Олександр Віталійович (д.т.н., проф., НУ «ПП», Полтава, Україна).

Секретаріат оргкомітету

КУЧУК Ніна Георгіївна (д.т.н., проф., НТУ «ХПІ», Харків, Україна);
ЛЯШЕНКО Олексій Сергійович (к.т.н., доц., ХНУРЕ, Харків, Україна).

© ІМ АР, НТУ "ХПІ", ХНУРЕ, НАУ «ХАІ», УмЖ, 2026

**INSTITUTE OF MATHEMATICS
OF THE MINISTRY OF SCIENCE AND EDUCATION
OF THE REPUBLIC OF AZERBAIJAN**

**NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY
KHARKIV POLYTECHNIC INSTITUTE**

**KHARKIV NATIONAL UNIVERSITY
OF RADIO ELECTRONICS**

**NATIONAL AEROSPACE UNIVERSITY
KHARKIV AVIATION INSTITUTE**

UNIVERSITY OF ŽILINA

**CURRENT DIRECTIONS
IN THE DEVELOPMENT
OF INFORMATION AND
COMMUNICATION TECHNOLOGIES
AND CONTROL TOOLS**

**Proceedings of 16-th International
Scientific and Technical Conference**

April 29 – 30, 2026

Volume 5: section 6

Baku – Kharkiv – Žilina – 2026

**СИСТЕМА ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ АНСАМБЛІВ
РІВНОЕНЕРГЕТИЧНИХ СКЛАДНИХ СИГНАЛІВ ДЛЯ
НАДШИРОКОСМУГОВИХ СИСТЕМ МНОЖИННОГО
ДОСТУПУ З КОДОВИМ РОЗДІЛЕННЯМ**

Лисечко В.П.

Харківський національний університет Повітряних Сил
імені Івана Кожедуба, Харків, Україна

Жученко О.С., Індик С.В.

Український державний університет залізничного транспорту,
Харків, Україна

Сучасний розвиток бездротових електронних комунікаційних систем та мереж зумовив активний розвиток надширокосмугових систем доступу для малопотужних застосувань, спільною рисою яких є можливість застосування імпульсних складних сигналів. Сигнали такого типу дають змогу одночасно забезпечити вимоги щодо енергоефективності та практичної реалізації високочастотних трактів передавання, приймання та обробки у виділених для надширокосмугових систем доступу діапазонах частот. Подальший перехід до систем множинного доступу з кодовим розділенням дає змогу забезпечити гарантований одночасний доступ певної кількості користувачів. У роботах з формування ансамблів коротких відеоімпульсів з низьким рівнем взаємної кореляції цей напрям пов'язано з послідовностями з мінімальною енергетичною взаємодією [1]; такі послідовності пропонуються називати часорозділювальними складними сигналами з періодичною структурою. Характерною особливістю таких ансамблів є конструктивна різноенергетичність сигналів через різну кількість імпульсів при їх однаковій тривалості.

Одним з основних показників ефективності системи множинного доступу з кодовим розділенням є відношення енергії корисного сигналу до сумарної енергії завад множинного доступу та шуму SINR (Signal-to-Interference-plus-Noise Ratio). Складовою SINR, що безпосередньо визначається ансамблем складних сигналів, є енергія завад множинного доступу. Для рівноенергетичних ансамблів складних сигналів оцінка зверху нормованої величини сумарної енергії завад множинного доступу, яку доцільно розглядати як показник структурної ефективності ансамблю, визначається добутком нормованої величини сумарної енергії заважаючих сигналів (енергетична складова), яку наближено можна прийняти такою, що дорівнює об'єму ансамблю, та найбільшим по ансамблю квадратом взаємної кореляції (кореляційна складова). У цьому випадку показник структурної ефективності є добутком двох скалярних величин, що забезпечує зручну для практичного використання форму показника. Для різноенергетичних ансамблів складних сигналів така форма показника не зберігається через різні енергії сигналів.

Можливим шляхом застосування форми показника структурної ефективності у виді добутку двох скалярних складових є застосування наближення, яке полягає у роздільному врахуванні структурних та

енергетичних властивостей ансамблів різноенергетичних складних сигналів. Для реалізації такого наближення запропоновано виконати зведення сукупності енергій сигналів різноенергетичного ансамблю до скалярної величини, результатом чого є фактична заміна різноенергетичного ансамблю умовним рівноенергетичним, яку визначено як еквівалентне перетворення [2, 3]. Два взаємопов'язані варіанти такого зведення визначають структурний еквівалентний об'єм, що відображає вплив нерівномірності розподілу енергій сигналів на завади множинного доступу, та енергетичний еквівалентний об'єм, що відображає зосередження сумарної енергії ансамблю в меншій умовній кількості сигналів. Ці величини мають протилежний характер зміни і задають дві різні інтерпретації впливу завад множинного доступу на користувачів з найменшими і найбільшими енергіями сигналів, що відповідає різному ступеню прояву ефекту домінування сигналів.

Отже, структурний еквівалентний об'єм $L_{eq}^{(+)}$ і енергетичний еквівалентний об'єм $L_{eq}^{(-)}$ утворюють взаємообернену пару характеристик одного різноенергетичного ансамблю. Через ці величини задаються показник структурної ефективності $\gamma_{str}^{(+)}$ та показник енергетичної справедливості $\gamma_{en}^{(-)}$. Для ансамблю об'ємом L з енергіями сигналів $E_i, i = 1, 2, \dots, L$, та найбільшим по ансамблю квадратом взаємної кореляції R_{max}^2 система показників ефективності має:

$$L_{eq}^{(+)} = L^2 \sum_{i=1}^L E_i^2 / \left(\sum_{i=1}^L E_i \right)^2,$$

$$L_{eq}^{(-)} = \left(\sum_{i=1}^L E_i \right)^2 / \sum_{i=1}^L E_i^2,$$

$$L_{eq}^{(+)} L_{eq}^{(-)} = L^2,$$

$$\gamma_{str}^{(+)} = L_{eq}^{(+)} R_{max}^2,$$

$$\gamma_{en}^{(-)} = L_{eq}^{(-)} / L.$$

Застосування показника структурної ефективності у виді добутку величин структурного еквівалентного об'єму та максимального значення взаємної кореляції в ансамблі дозволило удосконалити метод оцінки структурної ефективності ансамблів складних сигналів на основі кореляційних функціоналів та забезпечити збіг з результатами оцінки для ансамблів рівноенергетичних складних сигналів, вищу частоту збігу з результатами точного порівняння ансамблів та меншу обчислювальну складність при його поширенні на ансамблі різноенергетичних складних сигналів.

У разі спільного застосування вищезазначені показники набувають значення взаємопов'язаних складових єдиного інструменту, який може бути застосовано в задачах синтезу, вибору, порівняння та ранжування ансамблів

складних сигналів. Двовимірне представлення ансамблів у просторі показників ефективності або у просторі еквівалентних об'ємів забезпечує врахування структурних і енергетичних властивостей і не може бути еквівалентно замінено однією скалярною величиною без втрати змісту кожної зі складових. Сформульовано загальну задачу вибору ансамблів-кандидатів у вигляді трьохетапної процедури у вибраному двовимірному просторі, що включає формування множини кандидатів, перевірку допустимості як належності точки допустимій області та застосування правила вибору серед допустимих точок. Наведено типові задачі вибору, які охоплюють випадок заданого об'єму ансамблю, випадок вибору ансамблю максимально можливого об'єму в межах заданих енергетичних обмежень, а також випадок вибору сигналу для допуску нового користувача у робочому стані системи множинного доступу за наявності підмножин зайнятих і вільних сигналів. Практичне значення системи показників ефективності полягає у тому, що вона може бути використана для узагальненого порівняння різних ансамблів складних сигналів з одночасним урахуванням об'єму ансамблю, кореляційних властивостей та нерівномірності енергетичного розподілу. Геометричне представлення множини ансамблів-кандидатів у площині показників ефективності або у площині еквівалентних об'ємів дозволяє будувати процедури перевірки допустимості та вибору ансамблю за заданими обмеженнями на завади множинного доступу.

Введені показники ефективності поставлено у відповідність рівням запропонованої багаторівневої функціональної моделі показників ефективності системи множинного доступу з кодовим розділенням [4], а саме: показник енергетичної справедливості $\gamma_{en}^{(-)}$ - енергетичному рівню; показник структурної ефективності $\gamma_{str}^{(+)}$ - структурному рівню. Потужнісно-канальному рівню відповідає SINR, який є композицією функціоналів енергетичного та структурного рівнів, системному рівню - функціонал, що визначає узагальнений показник ефективності системи множинного доступу відповідно до поставленої задачі і є композицією функціоналів енергетичного, структурного та потужнісно-канального рівнів. Багаторівнева модель визначається такими співвідношеннями:

$$P_{EN} = \gamma_{en}^{(-)}; P_{STR} = \gamma_{str}^{(+)}; P_{CHP} = F_{CHP}(\gamma_{str}^{(+)}, N) = SINR;$$

$$P_{SYS} = F_{SYS}(P_{CHP}, C_{SYS}),$$

де P_{EN} , P_{STR} , P_{CHP} , P_{SYS} - показники ефективності відповідно енергетичного, структурного, потужнісно-канального та системного рівнів; N - параметр потужнісно-канального рівня, що визначається моделлю каналу зв'язку; C_{SYS} - множина параметрів системного рівня, що визначається постановкою задачі оцінки або вибору.

Запропонована багаторівнева функціональна модель разом з алгоритмом функціональної редукції дає змогу будувати узгоджені за рівнями показники ефективності та порівнювати варіанти побудови системи множинного доступу

з кодовим розділенням за мінімально необхідним складом рівнів, що забезпечує використання лише тих рівневих функціоналів, які впливають на результат розв'язання поставленої задачі.

Список літератури

1. Indyk S. V., Lysechko V. P., Zhuchenko O. S., Kitov V. S. The Formation Method of Complex Signals Ensembles by Frequency Filtration of Pseudo-Random Sequences with Low Interaction in the Time Domain. *Radio Electronics, Computer Science, Control*. 2020. No. 4. P. 7–14. DOI: <https://doi.org/10.15588/1607-3274-2020-4-1>. URL: <https://ric.zp.edu.ua/article/view/217986>.

2. Zhuchenko O., Panchenko S., Lysechko V., Indyk S. Methodology of Equivalent Transformations of Unequal-Energy Complex Signal Ensembles in Code-Division Multiple Access Systems. *Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво*. 2026. Вип. 62. С. 337–345. DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2026-62-38>

3. Жученко О. С., Індик С. В. Методологія оцінювання ефективності ансамблів різноенергетичних складних сигналів у надширококутових системах множинного доступу з кодовим розділенням. Застосування інформаційних технологій у підготовці та діяльності сил безпеки і оборони : збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції, 17 березня 2026 р., м. Харків. Харків : Нац. акад. НГУ, 2026. С. 368–370.

4. Panchenko S. V., Lysechko V. P., Zhuchenko O. S., Indyk S. V. Multi-Level Functional Model of Performance Indicators for Ultra-Wideband Code Division Multiple Access Systems. *Сучасні наукові парадигми: інтеграція знань і технологій : матеріали науково-практичної конференції, м. Вінниця, 26–27 грудня 2025 р. Одеса : «Молодий вчений»*, 2025. С. 121–123.

<https://molodyivchenyi.ua/omp/index.php/conference/catalog/view/164/2843/5903-1>

ЗМІСТ

Том 1: секції 1, 5

Том 2: секція 2

Том 3: секції 3, 4

Том 4: секція 6

Том 5: секція 6

Секція 6 (підсекція 6.3) Інформаційні технології у цивільній безпеці 6

Учасники конференції (секція 6, підсекція 6.3) 69

Організації, які прийняли участь у конференції 70

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

СУЧАСНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЗАСОБІВ УПРАВЛІННЯ

Тези доповідей
шістнадцятої міжнародної науково-технічної конференції
(29 – 30 квітня 2026 року)
Том 5: секція 6

Відповідальний за випуск *Г. А. Кучук*
Технічний редактор *І. А. Лябедева*
Коректор *В. В. Богомаз*
Комп'ютерне складання та верстання *Н. Г. Кучук*

Адреса оргкомітету: вул. Кирпичова, 2, Харків, 61002, Україна
Вечірній корпус, кімната 314
тел. +38 (057) 707 61 65

Підписано до друку 22.04.2026 Формат 60 × 84/16
Ум.-вид. арк. 4,5. Тираж 40 пр. Зам. 422/5-26

Віддруковано з готових оригінал-макетів у цифровій друкарні Impress
61002, м. Харків, вул. Пушкінська, 56, тел. + 38 (057) 714-52-11
e-mail: irina@impress.biz.ua