

К.С. Васюта, У.Р. Збежховська, В.В. Слободянюк, Д.Б. Жуйков

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОЛЬОРОВИХ ШУМІВ НА ЯКІСТЬ ВІДНОВЛЕННЯ ХАОТИЧНИХ СИГНАЛІВ

### Анотація

Проаналізовано вплив на хаотичні сигнали з OFDM-модуляцією кольорових шумів та показано, що наявність адитивної суміші корисного сигналу, “білого” та кольорових шумів значно знижує якість відновлення переданої інформації. При цьому зростання кількості піднесучих у сигналі призводить до збільшення необхідного відношення сигнал/шум на приймальній стороні для забезпечення високого рівня відновлення інформації.

**Ключові слова:** система передачі інформації, кольорові шуми, відношення сигнал/шум, OFDM, ймовірність правильного відновлення.

### Abstract

The influence on chaotic signals with OFDM-modulation noises of different colors has analyzed. The obtained results showed that if in received signal presence the additive mixture of useful signal, “white” and color noises the quality of message recovery significantly reduces. The number of subcarriers in chaotic signal with OFDM-modulation influence on the quality of recovering, their increase leads to the increase the required signal to noise ratios on the receiver side.

**Keywords:** the information transmission system, color noises, OFDM, signal-to-noise ratio, probability of correct estimation.

Сьогодні, радіоелектронні засоби, що забезпечують управління військами та силами, дають потенційну можливість противникові розкрити наші бойові можливості, дії і наміри. Враховуючи це виникає необхідність розробки та впровадження нових видів сигналів, здатних забезпечити необхідний рівень радіоелектронного захисту своїх засобів зв'язку [1], тобто високий рівень скритності. Одним з можливих способів формування таких сигналів є використання хаотичних процесів та послідовностей, властивості яких є близькими до властивостей “білого” шуму[2].

Однак, під час приймання сигналів на фоні шуму, використання моделі “білого” шуму не завжди доцільно, оскільки в ньому всі частоти впливають на сигнал однаково. В той час, як наприклад, використання “коричневого” шуму більше впливає на низькі частоти, а “чорного” на високі частоти.

Метою роботи є дослідження впливу на хаотичні сигнали з OFDM-модуляцією “білого” та кольорових шумів.

В роботі [3] було запропоновано та досліджено метод формування піднесучих для хаотичних сигналів з OFDM-модуляцією з використанням аналітичних хаотичних послідовностей (АХП). Дослідимо вплив сигнали сформовані запропонованим методом кольорових шумів. Для моделювання кольорових шумів будемо використовувати лінійне інтегральне перетворення “білого” шуму з ядром Мандельброта і його дискретні апроксимації, яке узагальнює броунівський рух і дозволяє отримувати множину випадкових процесів з різною фрактальною розмірністю.

Для дослідження впливу кольорових шумів на хаотичні сигнали з OFDM-модуляцією з АХП, необхідно здійснити дослідження ймовірності правильного виявлення таких сигналів під час зміни потужності відношення сигнал/кольоровий шум та сталому значенні сигнал/“білий” шум. Для цього на рис. 1 наведені криві ймовірності правильного виявлення хаотичних сигналів OFDM-модуляцією з АХП на 8 піднесучих в залежності від відношення сигнал/“чорний” шум та сигнал/“рожевий” шум та відношення сигнал/“білий” шум  $q = 18\text{дБ}$ ,  $q = 11\text{дБ}$ .

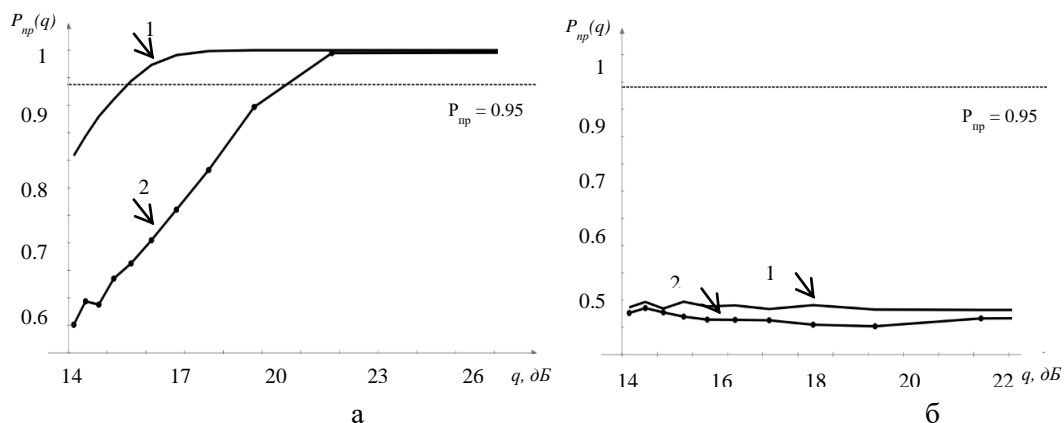


Рис.1. Графік ймовірності правильного виявлення хаотичного сигналу OFDM-АХП в залежності від відношення сигнал/“рожевий” шум (1) та сигнал/“чорний” шум (2) при сталому значенні відношення сигнал/ “білий” шуму:  
 а –  $q = 18\text{дБ}$ ; б –  $q = 11\text{дБ}$

Аналіз отриманих результатів вказує на те, що для ефективного відновлення хаотичних сигналів OFDM-АХП під час впливу кольорових шумів відношення сигнал/“білий” шум на вході приймального пристрою має бути  $q \geq 18\text{дБ}$ . При цьому необхідний рівень відновлення повідомлення  $P_{np} = 0.95$  забезпечується під час відношення сигнал/“чорний” шум  $22\text{дБ}$ , в той час як для сигнал/“рожевий” шум він є на  $6\text{дБ}$  менший і дорівнює  $16\text{дБ}$ . Це вказує на те, що найбільш негативний вплив на хаотичні сигнал OFDM-АХП має наявність в каналі радіозв’язку “чорного” шуму.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Черниш О. М., Певцов Г. В., Лупандін В. А., Мегельбей Г. В. Радіоелектронна боротьба. історія виникнення та перспективні напрямки розвитку. Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. 2010. №1. С.150-153.
2. Костенко П. Ю., Слободянюк В. В., Барсуков А. Н. Скрытность аналитических хаотических сигналов. Известия вузов. Радиоэлектроника. 2017. № 3(12). С. 166–176. <https://doi.org/10.20535/S0021347017030050>.
3. Васюта К.С., Збежховська У.Р., Слободянюк В.В., Захарченко І.В., Кащшин О.Л., Дубинський М.С., Рябуха Ю.М., Коваль О.В. Метод підвищення скритності систем передачі інформації на основі модуляції з ортогональним частотним розділенням і мультиплексуванням хаотичних піднесучих. Радіоелектронні та комп’ютерні системи. 2021. № 3, С. 79–93. <https://doi.org/10.32620/reks.2021.3.07>

**Васюта Костянтин Станіславович** – доктор техн. наук, професор, заступник начальника Харківського національного університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба з наукової роботи, Харків, e-mail: kohafish@ukr.net

**Збежховська Уляна Романівна** – ад’юнкт науково-організаційного відділу Харківського національного університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків, e-mail: lyasya3@gmail.com

**Слободянюк Валерій Валерійович** – канд. техн. наук, докторант науково-організаційного відділу Харківського національного університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків, e-mail: sloval@i.ua

**Жуїков Дмитро Борисович** – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри військово-технічної і військово-спеціальної підготовки факультету підготовки офіцерів запасу за контрактом Харківського національного університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків, e-mail: 1967dbz@gmail.com

**Vasiuta Konstantyn S.** – Doctor of technical sciences, professor, deputy head of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force university in science, Kharkiv, kohafish@ukr.net

**Zbezhkховska Uliana R.** – Doctoral student of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, e-mail: lyasya3@gmail.com

**Slobodyanuk Valeriy V.** – Candidate of technical sciences, doctoral student of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force university, Kharkiv, e-mail: sloval@i.ua

**Zhukov Dmytro B.** – Candidate of technical sciences, associate professor, associate professor of department of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, e-mail: 1967dbz@gmail.com