

**В. О. Воронюк**  
**Р. Н. Квєтний**  
**Ю. Ю. Іванов**  
**С. Г. Кривогубченко**

## МАТЕМАТИЧНА ОСНОВА КОДЕКА ТУРБО-ДОБУТКІВ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*У даній роботі проаналізовано математичну основу завадостійкого кодека турбо-кодів-добутків.*

**Ключові слова:** завадостійке кодування, турбо-код-добуток, декодування, кодек, метод Піндайя-Чейза.

### *Abstract*

*In this paper has been analyzed a mathematical basis of the error-correcting turbo-product-codes.*

**Keywords:** error-correcting coding, turbo-product-code, decoding, codec, Pyndiah-Chase method.

### Вступ

У сучасному світі особливого значення набуває розвиток методів і засобів захисту інформації на основі завадостійкого кодування. Одним із основних напрямків роботи науковців є дослідження паралельного каскадування кодів: згорткових турбо-кодів і блокових турбо-добутків [1]. Останні коди мають низку особливостей, дозволяючи працювати на високих швидкостях передавання даних [2]. *Метою роботи є аналіз математичної основи кодека турбо-добутків у ході їхньої роботи в системах передавання даних.*

### Результати дослідження

Для турбо-добутків у ході кодування вихідні дані записуються в двомірний масив по рядках, після чого кодуються по рядках за допомогою першого коду, а потім дані і перевірочні біти першого коду кодуються за стовпцями другого коду. Ітеративна процедура декодування такого коду є двоетапною – горизонтальне та вертикальне декодування. Ефективним є метод декодування Піндайя-Чейза, який використовує набір векторів, змінюючи в них найменш надійні символи та декодуючи кожне слово жорстким декодером. Після цього обчислюються метрики подібності  $M_i$  конкурентних слів  $c_{ij}$  та визначається найкраща з них  $M_{pp}$ . Після чого розраховується надійність кожного символу у послідовності бітів, використовуючи отриману послідовність  $c_{pp}$  та список кодових слів [3, 4]:

$$LLR_j = 0,25 \cdot (\min\{M_i, c_{ij} \neq c_{pp,j}\} - M_{pp}) \cdot (2c_{pp,j} - 1). \quad (1)$$

Якщо немає конкурентних слів, для яких  $j$ -ий біт не відрізняється від  $c_{pp,j}$ , то надійність  $LLR_j$  має фіксоване значення  $\beta$ .

### Висновки

У роботі коротко проаналізовано математичну модель ітеративного процесу декодування турбо-добутків, яку можна реалізувати у програмному забезпеченні.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Morelos-Zaragoza R. The Art of Error Correction Coding. Chippenham: John Wiley & Sons, 2006. P. 143-168.
2. Codes and Turbo Codes / C. Douillard, M. Jezequel, G. Battail et al. Paris: Springer, 2010. 424 p.
3. Pyndiah R. Near-Optimum Decoding of Product Codes: Block Turbo Codes. *IEEE Transactions on Communications*. 1998. Vol. 46. P. 1003-1010.

4. Ghnimat M.G. Iterative Decoding of Turbo Product Codes Using the Chase-Pyndiah Turbo Decoder. North Cyprus, 2017. 63 p.

*Воролюк Віра Олегівна* — студентка групи ІАКІТ-19б, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

*Квстний Роман Наумович* — д-р техн. наук, професор кафедри автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

*Іванов Юрій Юрійович* — канд. техн. наук, доцент кафедри автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: Yura881990@i.ua.

*Кривогубченко Сергій Григорович* — канд. техн. наук, доцент кафедри автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

*Voroniuk Vira O.* — student, Faculty of Intelligent Information Technology and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

*Kvetny Roman N.* — Dr. Sc. (Eng), Professor, Automation and Intelligent Information Technologies Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

*Ivanov Yurii Yu.* — Cand. Sc. (Eng), Docent, Automation and Intelligent Information Technologies Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: Yura881990@i.ua.

*Kryvogubchenko Sergii G.* — Cand. Sc. (Eng), Docent, Automation and Intelligent Information Technologies Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.