

- Національної комісії з питань регулювання зв'язку України. Київ. №6, 2006. –174 с.
- Рішення НКРЗІ № 411 від 19.10.2006 Про впровадження каналної сітки радіочастот 12,5 кГц для засобів зв'язку УКХ діапазону.
  - ДСТУ 4184:2003. Радіостанції з кутовою модуляцією суходільної рухомої служби. Класифікація. Загальні технічні вимоги. Методи вимірювання. 2003.– 50 с.

*Приходько С. І., д.т.н., професор,  
Штомпель М. А., д.т.н., професор (УкрДУЗТ)*

УДК 621.391

### **ЗАСТОСУВАННЯ ПРОГРАМНО- КОНФІГУРОВАНИХ МЕРЕЖ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ**

Необхідність впровадження новітніх інформаційних та телекомунікаційних послуг для пасажирів залізниць України призводить до пошуку нових архітектурних рішень з побудови мережевої інфраструктури. Проведений аналіз показав, що наявні мережі мають ряд обмежень, зокрема, статичне надання мережевих ресурсів, індивідуальне конфігурування кожного мережевого обладнання, складність зміни мережевих політик та впровадження нових сервісів, використання мережевого обладнання різних виробників [1].

Для подолання наведених обмежень та підвищення ефективності мережевої інфраструктури у роботі розглянуто можливі застосування технології програмно-конфігурованих мереж в умовах залізничного транспорту. Показано, що дана технологія дозволяє здійснити відокремлення функції керування мережевим обладнанням від безпосередньої передачі інформації, забезпечити керування мережею в цілому та створити програмний інтерфейс між мережевим додатком та транспортним середовищем [2, 3].

У роботі представлена архітектура програмно-конфігурованих мереж у загальному випадку та розглянуто підходи до адаптації існуючих технічних рішень з урахуванням особливостей залізничної галузі. Також у роботі проаналізовано принципи технічної реалізації відповідних мережевих протоколів та елементів мережевої інфраструктури, на яких заснована технологія програмно-конфігурованих мереж. На основі проведених досліджень запропоновані практичні рекомендації щодо застосування даного підходу до модернізації наявної мережевої інфраструктури.

### **Література**

- Воробієнко, П.П. Телекомунікаційні та інформаційні мережі / П.П. Воробієнко, Л.А. Нікітюк, П.І. Резніченко. – К., 2010. – 708 с.
- Cox, Jacob H. Advancing Software-Defined Networks: A Survey / Jacob H. Cox, Joaquin Chung, Sean Donovan, Jared Ivey, Russell J. Clark, George Riley, Henry L. Owen // Access IEEE. – 2017. – Vol. 5. – P. 25487-25526.
- Thyagaturu, Akhilesh S. Software Defined Optical Networks (SDONs): A Comprehensive Survey / Akhilesh S. Thyagaturu, Anu Mercian, Michael P. McGarry, Martin Reisslein, Wolfgang Kellerer // Communications Surveys & Tutorials IEEE. – 2016. – Vol. 18, No. 4. – P. 2738-2786.

*Штомпель М. А., д.т.н., професор,  
Жученко О. С., к.т.н., доцент (УкрДУЗТ)*

УДК 621.391

### **ДЕКОДУВАННЯ ЗАВАДОСТІЙКИХ КОДІВ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ**

Розвиток мережевих технологій забезпечує можливість постійного удосконалення якості надання телекомунікаційних послуг та впровадження новітніх сервісів. Розширення застосування безпроводових засобів передавання інформації призводить до ускладнення завадового стану та потребує застосування додаткових методів обробки сигналів, завадостійкого кодування, стиснення даних тощо [1, 2]. З метою підвищення достовірності інформації, що передається у безпроводових мережах різного призначення, широко застосовуються блокові коди. При цьому декодування даних кодів є складною задачею, що потребує значних обчислювальних ресурсів (особливо для кодів великої довжини), а існуючі традиційні методи декодування мають ряд суттєвих обмежень [3].

У роботі проведено аналіз наявних методів декодування блокових кодів, що засновані на технології нейронних мереж, та виявлено шляхи подальшого розвитку даного підходу. Також у роботі сформульовано задачу декодування даного класу кодів у вигляді оптимізаційної задачі з відповідними обмеженнями. Наведено загальну схему нейромережевого декодування блокових кодів та розглянуто особливості реалізації окремих етапів декодування. Проведено дослідження ефективності традиційних та нейромережевих методів декодування блокових кодів із заданими параметрами у каналі з адитивним білим гауссовим шумом. На основі отриманих результатів запропоновано практичні рекомендації щодо застосування представлених підходів до декодування блокових кодів у сучасних безпроводових мережах.

**Список використаних джерел**

1. Saad, W. A vision of 6G wireless systems: Applications, trends, technologies, and open research problems / W. Saad, M. Bennis, and M. Chen // IEEE Network. – 2020. – Volume 4, Issue 3. – P. 134–142.
2. Штомпель, Н. А. Тенденции развития методов помехоустойчивого кодирования информации в телекоммуникациях / Н. А. Штомпель // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил – Харків: ХНУПС ім. І. Кожедуба, 2017. – № 1. – С. 35–37.
3. Berbia, H. Genetic Algorithm for Decoding Linear Codes over AWGN and Fading Channels / H. Berbia, F. Elbounani, R. Romadi, H. Benazza, M. Belkasm // Journal of Theoretical and Applied Information Technology. – 2011. – Vol. 30, № 1. – P. 35 – 41.

*Давиденко М. Г., к.т.н., доцент,  
Зінченко О. Є., к.т.н., доцент (УкрДУЗТ)*

УДК 656.259/519.7

### **ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ОПТИМАЛЬНОГО ПРИЙМАННЯ СИГНАЛІВ В СИСТЕМАХ ІНТЕРВАЛЬНОГО РЕГУЛЮВАННЯ РУХУ, ПОБУДОВАНИХ НА БАЗІ РЕЙКОВИХ ЛІНІЙ**

Системи інтервального регулювання руху поїздів є важливою технічною складовою комплексу засобів з дотримання умов безпечного переміщення залізничного контенту. Підсистеми автоматичної локомотивної сигналізації неперервного типу (АЛСН) та тональних рейкових кіл (ТРК), в свою чергу, є важливими складовими вказаних систем. Метою функціонування цих підсистем є донесення до кінцевого споживача (локомотивної бригади або/та диспетчера) інформації про вільність або зайнятість однієї або кількох ділянок рейкової колії, що передують поїзду. В обох із цих підсистем інформаційний сигнал поширюється від генератора до приймального пристрою рейковою лінією, тобто парою рейок, які і утворюють власне залізничну колію. Така лінія передачі сама по собі ніяк не захищена від зовнішніх електромагнітних завад. Вона також може створювати завади внутрішнього походження, обумовлені існуванням локальної намагніченості рейок і шумами в провідному середовищі. Завади усіх видів можуть призводити до помилок в формуванні рішень щодо руху поїздів, а звідси – до утворення надзвичайних ситуацій. З огляду на зростання кількості та типу джерел техногенних завад в існуючих приймальних пристроях АЛСН та ТРК зростає кількість помилок при прийомі інформаційних сигналів. Тому задача підвищення завадостійкості прийому таких сигналів є вкрай актуальною.

З практичної точки зору об'єктивним показником

завадостійкості є величина ймовірності помилки в прийнятті рішення за фіксований час спостереження суміші “сигнал + завада”. Математичним інструментом побудови алгоритмів обробки цієї суміші і синтезу відповідних приймачів, які забезпечують мінімально досяжну величину ймовірності такої помилки, є теорія оптимального прийому сигналів.

Вважатимемо, що всі завади адитивні відносно сигналу та одна відносно іншої. Специфікою АЛСН є те, що інформаційних сигналів три (“зелений”, “жовтий” та “червоно-жовтий”). А відтак задача оптимального прийому сигналів набуває вигляду задачі оптимального розрізнення трьох сигналів. Типова завада роботі АЛСН є трикомпонентною: 1) імпульсна завада, викликана проїздом стрілки або ізолюючого стику; 2) завада від лінії електропередач змінного струму; 3) стаціонарна шумова завада. Перші дві завади структурно детерміновані, їм можна поставити у відповідність аналітичні вирази. Специфікою ТРК є те, що інформаційний сигнал один, і тому задача оптимального прийому набуває вигляду задачі оптимального виявлення сигналу. Типова завада роботі ТРК є п'ятикомпонентною: 1) завада від суміжного ТРК; 2) сумарна завада від тягового струму в рейках і від лінії електропередач; 3) завада від тягового перетворювача локомотива; 4) імпульсна завада; 5) стаціонарна шумова завада. Перші чотири завади структурно детерміновані, їм можна поставити у відповідність аналітичні вирази. Як у випадку АЛСН, так і у випадку ТРК числові параметри структурно детермінованих завад невідомі, але їх можна вважати постійними на інтервалі спостереження. У випадку АЛСН рішення про вид сигналу треба виносити щоімпульсно, у випадку ТРК – за найменший технологічно можливий час. За таких умов єдиним шляхом розв'язання задачі є попереднє сумісне оцінювання параметрів сигналу та завад щоінтервалу спостереження. Критерієм точності оцінювання параметрів прийнято мінімум середнього квадрату помилки апроксимації. За отриманими оцінками параметрів розраховано величини власне помилки апроксимації. Потрібне рішення (вид сигналу АЛСН або наявність/відсутність сигналу в ТРК) відповідає каналу обробки, в якому величина помилки найменша. Сумісне оцінювання параметрів інформаційного сигналу та структурно детермінованих завад забезпечує оперативну адаптацію пристрою до змін в часі кожного з цих параметрів. Числові оцінки завадостійкості синтезованих пристроїв задовольнили нормативним вимогам.

**Список використаних джерел**

1. Фалькович С.Е., Хомяков Э.Н. Статистическая теория измерительных радиосистем. Москва: Радио и связь, 1981. 288с.