

- інформаційна здатність системи;
- точність роботи системи;
- імовірність виконання задачі системи;
- вартість реалізації системи;
- апаратні витрати на реалізацію системи;

Швидкодія представляє собою час виконання системою заданого алгоритму. Модель цього критерію буде залежати від конкретного типу системи [1]. При реалізації алгоритму послідовною системою швидкодія має вигляд:

$$T(x, y, z, t) = \sum_{k=1}^L \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^N T(x_i, y_j, z_k, t) + \sum_{k=1}^L T(z_k, t)$$

Функціональні можливості даного способу повинні мати:

- а) можливість роботи з півтоновими зображеннями різних градацій яскравості;
- б) інваріантність способу до афінних перетворень, а саме повороту, зміни масштабу.

Критерій інформаційної здатності системи можна розглядати як здатність системи видавати максимальну кількість отриманої інформації об зображенні об'єкта, після його обробки:

$$I_{max}(x, y, t) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M I_{max_{i,j}}(t)$$

Точність роботи системи можна розглядати як: 1) точність роботи методу, який реалізує система і 2) як точність роботи обладнання з якого складається система. Точність роботи методу найбільше характеризується імовірністю помилкового рішення. Імовірність помилкового рішення на одному пікселі зображення складає:

$$P_{i,j} = q_{i,j}\alpha_{i,j} + p_{i,j}\beta_{i,j}$$

де  $q_{i,j}$  і  $p_{i,j}$  - апіорні імовірності відсутності і наявності корисного сигналу на  $i, j$  пікселі. Повна імовірність помилкового рішення для всього зображення буде складати:

$$P_{er} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M q_{i,j}\alpha_{i,j} + p_{i,j}\beta_{i,j}$$

Інший критерій, який відображає точність є імовірність відновлення.

Побудові та розвитку системи кількісних мір вірності відновлення зображень приділялась велика увага. Адекватні міри вірності повинні узгоджуватися з результатами суб'єктивних оцінок для широкого класу зображень, не потребуючи при цьому надскладних обчислень. Крім цього, бажано, щоб ці міри мали просту аналітичну форму та їх можна було б застосувати як критерій оптимальності

при оптимізації або виборі параметрів систем обробки зображень.

Зазначені вимоги повністю узгоджуються з загальними вимогами до критеріїв, сформульованим раніше. Кількісні міри вірності відновлення зображень можна розділити на дві групи: одиночні та парні. Одиночна міра представляє собою число, яке співставляється зображенню на основі аналізу його структури. Парна міра являється чисельним результатом взаємного порівняння двох зображень, наприклад, еталонного і реального.

В якості критерію ефективності і оптимальності способу може виступати середньоквадратична помилка корекції [2].

$$\varepsilon^2 = \langle \|A\|^2 \rangle = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \varepsilon^2(x, y),$$

де  $\varepsilon^2(x, y) = \langle (V(x, y) - U(x, y))^2 \rangle$ . Його можна використовувати як критерій оптимальності корекції.

Швидкодія, вартість системи, апаратурні витрати характеризують в більшій мірі саму систему і залежать від її конкретного виду, і лише опосередковано – спосіб. Оцінка за критерієм “функціональні можливості” ускладнена через складність математичної формалізації даного критерію. Тому критеріями, які характеризують якість способу являються інформаційна здатність, імовірність виконання задачі, точність алгоритму оброблення зображень.

### Список використаних джерел

1. Основи теорії інформації та кодування: Навчальний посібник / [І. В. Кузьмін, І. В. Троцишин, А. І. Кузьмін, В. О. Кедрус, В. Р. Лубчик] за ред. І. В. Кузьміна. – Хмельницький, Хмельницький національний університет, 2009. – 373 с.
2. Kulivnuk, V., Kuzmin, I., Hladkyi, O., Gertsy, A., Tkachenko, T., Shparaga, T. (2023). Theoretical Fundamentals of Criteria for Evaluation of Efficiency, Quality and Optimization of Complex Informatology Systems. In: Proceedings of Eighth International Congress on Information and Communication Technology. ICICT 2023. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 694, 329-337. Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-99-3091-3\\_26](https://doi.org/10.1007/978-981-99-3091-3_26)

*Слізаренко А.О., к.т.н. (УкрДУЗТ)  
Попов О.І., регіональна філія «Південна  
залізниця»*

УДК 656.254.16

## РОЗРОБКА МЕРЕЖ ТЕХНОЛОГІЧНОГО РАДІОЗВ'ЯЗКУ

## НА ДІЛЯНЦІ ЗІ ШВИДКІСНИМ РУХОМ ПОЇЗДІВ

Світова тенденція збільшення швидкості руху пасажирських поїздів набуває більш широкого поширення. В теперішній час загальна протяжність залізничних ліній зі швидкісним рухом в Європі складає понад 45 тис. км.

Міжнародний союз залізниць визначає високошвидкісні залізниці як залізничні траси, що забезпечують рух швидкісних поїздів зі швидкістю не менше 200 км/год для звичайних модернізованих залізничних трас.

Дільниці, призначені для пропуску швидкісних поїздів із швидкістю 161-200 кілометрів на годину, повинні, як правило, звільнятися від вантажного руху з тим, щоб не допустити передчасного руйнування колії через надмірне навантаження на неї. В Україні реалізується перший етап впровадження швидкісного руху. При швидкостях до 160 км/год можливий спільний рух вантажних та пасажирських поїздів. Таке сполучення забезпечується між усіма великими містами, що дозволило організувати рух денних експресів.

Відповідно до вимог Правил технічної експлуатації залізниць ділянки з інтенсивним рухом поїздів мають обладнуватись поїзним дуплексним радіозв'язком, причому дуплексні мережі повинні реалізовуватись на основі цифрових стандартів радіозв'язку [1].

В роботі запропонована організація дуплексної мережі на основі цифрового стандарту DMR. Стандарт цифрового мобільного радіозв'язку DMR вигідно відрізняється від інших відомих цифрових радіотехнологій. Він використовує вокодерні методи передачі мови, що зменшує необхідну смугу робочих частот і дозволяє організувати цифрову мережу у відведених для залізничного транспорту смугах частот метрового діапазону [2].

Впровадження радіозасобів стандарту DMR на мережах технологічного радіозв'язку забезпечує:

- використання існуючої сітки частот, що дозволяє спростити завдання перехідного періоду і забезпечити перехід на рознесення частот сусідніх каналів 12,5 кГц;

- ідентичність параметрів радіостанцій по основним характеристикам радіоінтерфейсу, що дозволяє зберегти умови дальності зв'язку та ЕМС та часткового використання існуючої інфраструктури;

- збереження сформованих алгоритмів роботи мережі і прийнятої сигналізації.

На основі одиночної мережі не можливо забезпечити високу експлуатаційну надійність

функціонування мережі на рівні вимог до швидкісного руху [3].

Імовірність безвідмовної роботи каналу радіозв'язку  $P_k$ , яка є комплексним показником надійності, можна визначити як

$$P_k = 1 - (1 - P_{mz} \cdot P_{pc})^k, \quad (1)$$

де  $P_{mz}$  – імовірність безвідмовної роботи технічних засобів, при прийнятій системі технічної експлуатації;

$P_{pc}$  – вірогідність забезпечення необхідного рівня корисного сигналу, для встановленої якості зв'язку за умови виконання вимог ЕМС;

$k$  – кратність резервування використовуваних технічних засобів, яке застосовують при недостатній надійності одного радіоканалу.

Високі показники надійності функціонування можуть бути досягнуті тільки в системах рухомого радіозв'язку з резервуванням каналів. Зараз зонні мережі забезпечують лише часткове резервування важливих видів зв'язку, наприклад «черговий-машиніст». Повне резервування може бути забезпечено тільки створенням паралельної лінійної мережі.

На основі проведеного аналізу показано, що забезпечення вимог надійного функціонування можливо тільки на основі стовідсоткового резервування існуючої лінійної мережі ПРЗ. Розроблені пропозиції з організації додаткової дуплексної мережі ПРЗ на основі впровадження радіозасобів цифрового стандарту DMR, що забезпечить виконання показників надійності для умов швидкісного руху на рівні 0,999 при ймовірності безвідмовної роботи одного радіоканалу 0,9-0,95

### Список використаних джерел

1. Правила експлуатації поїзного радіозв'язку. Затверджені наказом Державної адміністрації залізничного транспорту України від 24.09.2007 р №452-Ц. Київ – 45 с.
2. Standard ETSI 102361-1 v1.4.5. Elektromagnetik compatibility and Radio spectrum Matters. Digital Mobile Radio (DMR) Systems. Part1. DMR AIR Interfase hrotocol – France. ETSI, 2007.
3. Єлізаренко А.О. Забезпечення необхідної надійності функціонування каналів залізничного технологічного радіозв'язку [Текст] / А.О.

Єлизаренко // Інформаційно - керуючі системи на залізничному транспорті. – 2016. №1. С.41-46.

*Єлизаренко А.О., к.т.н. (УкрДУЗТ)  
Сілівьорстов В.С. магістр (УкрДУЗТ)*

УДК 656.254.16

## ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ МЕРЕЖ ПОЇЗНОГО РАДІОЗВ'ЯЗКУ НА ГІРСЬКИХ ТРАСАХ І В ТУНЕЛЯХ ЗАЛІЗНИЦЬ

Організація мереж ПРЗ в гірській місцевості і в тунелях є актуальним питанням для залізниць України. Значна частина Львівської залізниці розташована в гірській місцевості в Карпатському регіоні. Із-за складного рельєфа місцевості, на полігоні Львівської залізниці налічується понад сім тисяч штучних споруд (мости, віадуки) та більше 30 залізничних тунелів різної довжини. Найбільший з них, недавно модернізований, Бескидський тунель, довжиною 1765 м, на ділянці Делятин-Держкордон розташовано залізничний тунель довжиною 1202 м та на ділянці Сянки-Ужгород тунель протяжністю 907 м. Тунелі відіграють важливу роль в організації міждержавного залізничного сполучення з країнами Європи.

Згідно Правил технічної експлуатації залізниць на всіх ділянках повинні бути організовані мережі поїзного радіозв'язку в гектометровому та метровому діапазонах радіохвиль. В організації лінійних мереж ПРЗ гектометрового діапазону в гірській місцевості не має суттєвих відмінностей, оскільки рельєф мало впливає на умови поширення радіохвиль при використанні направляючих ліній. Для організації мереж гектометрового діапазону в тунелях підвищують однопровідні та двопровідні хвилеводи, при цьому згасання сигналів у тунелях зростає до 4 дБ/км у двопровідних та до 12 дБ/км в однопровідних хвилеводах, порівняно з відкритою місцевістю.

В УКХ діапазонах розрахунки каналів можна вести за єдиною методикою, з урахуванням зростання згасання сигналів в залежності від категорії трас. Окрім того збільшується і глибина просторових флуктуацій напруженості поля, внаслідок зміни загального рельєфу місцевості, що впливає на надійність радіоканалів по полю.

Необхідно правильно визначити категорію трас за допомогою топографічної карти та розрахувати відповідні поправки. В роботі виконані розрахунки дальності радіозв'язку для гірських трас різної складності. За результатами розрахунків

дальність для траси другого типу  $\Delta h = 20$  м при надійності радіозв'язку по полю 90 % складає 10,4 км, а для траси п'ятої категорії  $\Delta h = 100$  м зменшується до 3,8 км.

В теперішній час мережі ПРЗ в УКХ діапазоні відсутні в тунелях. Єдиним надійним засобом організації каналів УКХ діапазону є застосування випромінюючих кабелів. Випромінюючий кабель представляє різновид коаксіального кабелю зі щілинами у зовнішньому провіднику, який виконує роль передачі енергії до заданого місця прийому та випромінювання сигналів. Але випромінюючі кабелі не розраховані для передачі сигналів в гектометровому діапазоні [2]. Цікавим є пропозиція з організації дводіапазонних мереж, в яких випромінюючі кабелі використовуються, як спільна направляюча система для каналів в двох діапазонах радіохвиль. Проведені дослідження показали, що в гектометровому діапазоні згасання складає до 5,2 дБ/км [3].

В останній редакції Правил [1] дозволена організація дводіапазонних мереж технологічного радіозв'язку з випромінюючими кабелями по індивідуальним проектам у тунелях.

В роботі запропонована методика розрахунки дальності радіозв'язку у тунелях з використанням різних типів випромінюючих кабелів, яка задовольняє умовам їх застосування на залізницях.

### Список використаних джерел

1. Правила організації та розрахунку мереж поїзного радіозв'язку ЦШ-0058. Державна адміністрація залізничного транспорту України Укрзалізниця, Київ –2009. 123 с. Radiating Cables. [Електронний ресурс] – режим доступу до ресурсу [http:// www.eupen.com](http://www.eupen.com).
2. Єлизаренко А.О. Впровадження дводіапазонних мереж технологічного радіозв'язку в тунелях залізниць / Єлизаренко А.О. // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2014, №4, С.42-47.

*A. Kitov,*

*V. Lysechko (USURT)*

UDC 621.396.2

## USE OF INTELLIGENT ASSISTANTS IN THE FIELD OF VEHICLE REPAIR

Some vehicle problems can be difficult to identify and fix. Newer generation software tools - intelligent assistants - can access an extensive database