

**ФЛУКТУАЦІЙНІ ПРОЦЕСИ ПРИ ПОШИРЕННІ РАДІОХВИЛЬ В КАНАЛАХ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО РАДІОЗВ'ЯЗКУ**

А. Yelizarenko, I. Yelizarenko

**FLUCTUATION PROCESSES IN RADIO WAVE PROPAGATION IN CHANNELS OF
TECHNOLOGICAL TRAIN RADIO COMMUNICATION**

Системи технологічного радіозв'язку безпосередньо використовуються для оперативного управління рухом поїздів і належать до категорії відповідальних систем. Забезпечення необхідної надійності каналів рухомого радіозв'язку на залізницях, які працюють у складних умовах поширення радіохвиль, наявності глибоких інтерференційних флуктуацій напруженості поля, розосередженості об'єктів мережевої інфраструктури є складною і актуальною задачею [1]. Флуктуації призводять до утворення областей простору, у межах яких рівень прийнятого сигналу може бути недостатнім для забезпечення впевненого радіозв'язку. Залишається актуальним дослідження поширення радіохвиль з метою уточнення параметрів флуктуацій для конкретних умов організації радіомереж [2]. На сучасному етапі впровадження цифрових систем залізничного технологічного радіозв'язку важливо підвищити надійність прогнозування енергетичних характеристик при розрахунках зон обслуговування в процесі проектування радіомереж і уточнити параметри флуктуацій.

Напруженість поля сигналів у мережах рухомого радіозв'язку є випадковою величиною за місцем і часом. Поряд з характеристиками медіанних значень напруженості поля важливе значення для забезпечення необхідної надійності відіграють флуктуаційні процеси при поширенні радіохвиль, які викликані одночасною дією багатьох

факторів. При аналізі просторових флуктуацій напруженості поля в каналах рухомого радіозв'язку розрізняють швидкі і повільні завмирання сигналів. Швидкі завмирання є наслідком інтерференційних флуктуацій напруженості поля в результаті багатопроменевого поширення радіохвиль. Повільні флуктуації виникають унаслідок зміни загального рельєфу місцевості і варіантів забудови у містах. Повільні завмирання практично є коливаннями середнього рівня сигналу при переміщенні мобільної станції на значні відстані. Просторова і часова неоднорідність діелектричної проникності тропосфери призводить до зміни умов рефракції радіохвиль, що у свою чергу викликає випадкові часові зміни рівнів сигналів на наземних трасах [3]. Значення напруженості поля, які перевищуються з імовірністю 50 % за місцем і часом $E_{0,5}$ визначають за базовими кривими, які характеризують процеси поширення радіохвиль для певних умов. При цьому надійність радіоканалу по полю складає лише 50 %. Для більшої надійності необхідно вести розрахунки каналів за значеннями напруженості поля, які перевищуються з необхідною ймовірністю. Значення напруженості поля $E(p)$, дБ, які перевищуються з більшою ймовірністю p , будуть меншими, ніж медіанні значення

$$E(p) = E_{0,5} + B_i + B_{місц} + B_{час}, \quad (1)$$

де $E_{0,5}$ - медіанні значення напруженості поля з кривих поширення радіохвиль за просторовими і часовими флуктуаціями; B_i - коефіцієнт, що враховує інтерференційні флуктуації напруженості поля внаслідок багатопроменевого поширення радіохвиль, дБ; $B_{місц}$ - коефіцієнт, що враховує повільні коливання напруженості поля внаслідок зміни загального рельєфу місцевості і типів забудови, дБ; $B_{час}$ - коефіцієнт, що враховує часові коливання напруженості поля, обумовлені змінами рефракції в атмосфері, дБ.

Характеристики швидких флуктуацій цілком визначаються особливостями перевипромінювання полів унаслідок впливу інфраструктури залізниць. Повільні просторові флуктуації напруженості поля визначаються загальними змінами рельєфу місцевості, а часові флуктуації – змінами градієнта діелектричної проникності атмосфери і практично не залежать від впливу інфраструктури залізниць. Характеристики таких змін напруженості поля можна визначити за загальними рекомендаціями ITU – R з прогнозування поширення радіохвиль на наземних трасах.

Проаналізовано межі й особливості визначення параметрів повільних флуктуацій на різних трасах технологічного радіозв'язку на основі відповідних рекомендацій ITU – R [4]. Для умов поширення радіохвиль на території залізничних станцій і перегонів експериментально уточнено параметри флуктуацій, які викликані впливом інфраструктури залізниць. Для найбільш повної характеристики інтерференційних просторових флуктуацій, викликаних впливом інфраструктури залізниць, побудовано емпіричні інтегральні функції розподілу. Вони дають змогу визначити ймовірність перевищення певних рівнів сигналів і таким чином проводити

розрахунки каналів із заданою надійністю по полю. Підтверджується відповідність розподілу флуктуацій напруженості поля моделі Релея-Райса, а глибина флуктуацій залежить від співвідношення регулярної та перевипроміненої компонент поля. Відповідні значення середньоквадратичного відхилення напруженості поля для заданих умов складають: на електрифікованих залізничних станціях $\sigma_1 = 5,2$ дБ, на перегонах електрифікованих ділянок залізниць $\sigma_2 = 4,7$ дБ, на неелектрифікованих залізничних станціях $\sigma_3 = 3,1$ дБ, і значно менше значення $\sigma_4 = 1,3$ дБ спостерігається на перегонах неелектрифікованих ділянок залізниць.

Використання отриманих результатів дає змогу підвищити точність розрахунку зон обслуговування й оптимізувати проектні рішення за техніко-економічними параметрами при забезпеченні необхідної надійності радіоканалів.

Список використаних джерел

1. Радиотехнические системы железнодорожного транспорта [Текст]: учеб. для вузов ж.-д. трансп. / Ю.В. Ваванов, А.В. Елизаренко, А.А.Танцюра [и др.]. – М.: Транспорт, 1991. – 303 с.
2. Mardeni R. Optimization of Hata propagation prediction model in suburban area in Malaysia / R. Mardeni, K. F. Kwan // Progress In Electromagnetics Research, 2010. – Vol.13, P.91-106.
3. Recommendation ITU-R P.1406. Propagation effects relating to terrestrial land mobile service in the VHF and UHF bands. 2007. - 11 p.
4. Recommendation ITU-R P.1057. Probability distributions relevant to radiowave propagation modeling. 2007. – 18 p.