

**РОЗРАХУНОК ЗАГАСАННЯ РАДІОХВИЛЬ У РАДІОЗВ'ЯЗКУ  
ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНОЇ СЛУЖБИ В УМОВАХ МІСЦЯ**

*Борисова Л.В., к.юр.н., доцент, НУЦЗ України,  
Закора А.В., к.т.н., доцент, НУЦЗ України,  
Селесенко Є.Є., НУЦЗ України,  
Фещенко А.Б., к.т.н., доцент, НУЦЗ України*

Одним з важливих завдань, що вирішуються в процесі організації радіозв'язку у системі оповіщення пожежно-рятувальної служби ДСНС, є забезпечення потрібної дальності УКХ-радіозв'язку між підрозділами рятувальників у тих чи інших умовах. Рішення даної задачі вимагає обліку низки факторів, що впливають на дальність розповсюдження ультракоротких хвиль (УКХ), таких як рельєф місцевості, кривизна земної поверхні, загасання радіохвиль в процесі поширення та поглинання в атмосфері й ін. При роботі у міських умовах проблема посилюється наявністю великої кількості екрануючих матеріалів та перевипромінювачів. Відомо декілька вітчизняних і зарубіжних досліджень в даній галузі, статистичних моделей, що дозволяють вирішити завдання прогнозування втрат на міських трасах поширення радіохвиль (ПРХ) та розрахунку напруженості електромагнітного поля (ЕМП), такі, як, наприклад, моделі Кся-Бертоні, Волфіша-Ікегамі (WIM) чи Окумура-Хата [1].

Дослідження втрат поширення для типу місцевості, що відповідає міським умовам, показують, що рівень сигналу на відповідних трасах ПРХ помітно флюктує через зміну висоти будинків, ширини вулиць, характеру місцевості. Тому, визначивши розмір зони забезпечення радіозв'язку, доцільно проводити розрахунок зони покриття, використовуючи модель Волфіша-Ікегамі (WIM).

Модель WIM використовується при розрахунку загасання в міському середовищі, може застосовуватися у випадках, коли антену стаціонарної радіостанції розташовано як вище, так і нижче лінії рівня дахів міської забудови. У сукупність факторів, врахованих формулою, входять висоти антен стаціонарної і рухомої станцій, ширина вулиць, відстані між будівлями, висота будівель і орієнтація вулиць. У моделі WIM розрізняють випадки LOS (пряма видимість) і NLOS (non-line-of-sight, тобто у разі непрямої видимості).

У разі LOS, якщо на прямій поширення сигналу від передавача і приймача нема перепон, то WIM-модель описує втрати ПРВ рівнянням:

$$L_{LOS} = 42,64 + 26 \cdot \lg d_{км} + 20 \cdot \lg f_{МГц}, \quad d_{км} \geq 0,02. \quad (1)$$

Втрати у вільному просторі:

$$L_{fs} = 32,45 + 20 \cdot \lg d_{км} + 20 \cdot \lg f_{МГц}, \quad d_{км} \geq 0,02. \quad (2)$$

$$L_{LOS} = L_{fs} + 10,19 + 6 \cdot \lg d_{км} = L_{fs} + 6 \cdot \lg(50 \cdot d_{км}) = L_{fs} + 6 \cdot \lg\left(\frac{d_{км}}{20}\right). \quad (3)$$

У разі NLOS WIM,  $\Delta h_b > 0$ :

$L_{NLOS} = 69,55 + 38 \cdot \lg d_{\text{км}} + 26 \cdot \lg f_{\text{МГц}} - 10 \cdot \lg \omega - 9 \cdot \lg b + 20 \cdot \lg \Delta h_m - 18 \cdot \lg(1 + \Delta h_b) + L_{LOS}$ .  
де  $b$  - висота антени стаціонарної станції (40-50 м від землі);  $m$  - висота антени мобільної станції (1-3 м від землі);  $\Delta h_b = h_b - h_B$  - висота антени стаціонарної станції від рівня дахів;  $h_B$  - висота будівель;  $\omega$  - ширина вулиць (зазвичай близько  $b/2$ ).

Однак більш широке застосування в цій області в останній час знаходить метод Окумура-Хата, рекомендований, зокрема, Міжнародним союзом електрозв'язку (МСЕ) [2]. Стосовно діапазонів, що використовуються ДСНС для організації радіозв'язку рятувальників у міських умовах становить інтерес рекомендація ІТУ-Р Р.1546 "Методи прогнозування передач для наземних служб в діапазоні частот 30 МГц - 3000 МГц" (далі - Рекомендація) [1, 2], яка забезпечує облік енергетичних параметрів і характеристик приймально-передавальних пристроїв і дозволяє прогнозувати величину напруженості ЕМП, яка створюється передавачем еквівалентної (ефективної) випромінюваної потужності (є.в.п.) в 1 кВт у районі прийомної антени. В основі прогнозування лежить розрахунковий метод прогнозування напруженості поля, передбачений Рекомендацією, який може бути задіяний для коротких дистанцій зв'язку стосовно міських умов РРХ. Методом ґрунтується на використанні рівняння Окумура-Хата для прогнозування напруженості поля для мобільних служб у міському оточенні (для  $H_2 = 10$  м), представленому у вигляді:

$$E = 69,82 - 6,16 \log f + 13,82 \log H_1 + a(H_2) - (44,9 - 6,55 \log H_1) (\log d)^b, \quad (4)$$

де:  $E$  - напруженість поля для 1 кВт є.в.п., дБ/мкВ/м;  $f$  - частота радіообміну, МГц;  $H_1$  - висота антени базової радіостанції над середньою (у діапазоні 30–200 м) висотою землі, м;  $H_2$  - висота антени мобільної станції над середньою (у діапазоні 1 - 10 м) висотою землі, м;  $d$  - дистанція зв'язку, км;  $a(H_2) = (1,1 \log f - 0,7)H_2 - (1,56 \log f - 0,8)$ ;

$$b = \begin{cases} 1, & d \leq 20 \text{ км} \\ 1 + (0,14 + 0,000187 f + 0,00107 H_1') (\log[0,05 d])^{0,8}, & d > 20 \text{ км} \end{cases}$$

$$H_1' = H_1 \sqrt{1 + 0,000007 H_1^2}$$

Рівняння Окумура-Хата добре узгоджується з графіками кривих рекомендацій МСЕ, які дають значення напруженості поля для коротких сухопутних трас, що перевищуються протягом 50% часу для довжин траси до 10 км при РРХ над малопересіченою місцевістю і отримані шляхом багаторічних спостережень за умовами розповсюдження радіохвиль.

Користуючись отриманим за цими методиками значенням напруженості поля, розрахунок дальності радіозв'язку, в свою чергу, може бути здійснено на основі відомого в радіотехніці співвідношення для діючого значення напруженості поля в районі прийомної антени.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Утц В.А. Исследование потерь при распространении радиосигнала сотовой связи на основе статистических моделей. Журнал "Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта", Выпуск № 5/2011, Научная библиотека КиберЛенинка: <http://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-poter-pri-rasprostranении-radiosignala-sotovoy-svyazi-na-osnove-statisticheskikh-modeley#ixzz3Mf9VMIVF>

2. Recommendation ITU-R P.1546. Method for point-to-area predictions for terrestrial services in the frequency range 30 MHz to 3000 MHz.