

*О. В. Загора, кандидат технічних наук, Є. Є. Селеєнко,
А. Б. Феценко, кандидат технічних наук, доцент,
Національний університет цивільного захисту України*

ВРАХУВАННЯ ЗАГАСАННЯ РАДІОХВИЛЬ У РАДІООБМІНІ ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНОЇ СЛУЖБИ В МІСЦЕВИХ УМОВАХ

Одним з важливих завдань, що вирішуються в процесі організації радіозв'язку у системі оповіщення пожежно-рятувальної служби ДСНС України, є забезпечення потрібної дальності УКХ-радіозв'язку між підрозділами рятувальників у тих чи інших умовах функціонування. 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, характерних для міських трас радіозв'язку.

Відомо декілька вітчизняних і зарубіжних досліджень в даній галузі, статистичних моделей, що дозволяють вирішити завдання прогнозування втрат на міських трасах поширення радіохвиль (ПРВ) та розрахунку напруженості електромагнітного поля (ЕМП) з тією чи іншою мірою достовірності, такі, як, наприклад, моделі Кся-Бертоні чи Волфіша-Ікегамі (WIM) [1]. Втрати поширення для цього типу місцевості показують, що рівень сигналу 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), що знайшла широке застосування в області мобільних телекомунікаційних технологій.

Модель WIM використовується при розрахунку загасання в міському середовищі. Модель може застосовуватися у випадках, коли антену стаціонарної радіостанції розташовано як вище, так і нижче лінії рівня дахів міської забудови. У сукупність емпіричних факторів, врахованих розрахункової формулою входять висоти антен стаціонарної і рухомої станцій, ширина вулиць, відстані між будівлями, висота будівель і орієнтація вулиць щодо напрямку поширення сигналу.

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:

$$L_{LOS} = 42,64 + 26 \cdot \lg d_{km} + 20 \cdot \lg f_{MHz}, \quad d_{km} \geq 0,02$$

Втрати у вільному просторі:

$$L_{fs} = 32,45 + 20 \cdot \lg d_{km} + 20 \cdot \lg f_{MHz}$$

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

У разі NLOS WIM, $\Delta h_b > 0$:

$$L_{NLOS} = 69,55 + 38 \cdot \lg d_{km} + 26 \cdot \lg f_{MHz} - 10 \cdot \lg \omega - 9 \cdot \lg b +$$

$$+ 20 \lg \Delta h_m - 18 \cdot \lg(1 + \Delta h_b) + L_{LOS}$$

де b - висота антени стаціонарної станції (40-50 м від землі);

m - висота антени мобільної станції (1-3 м від землі);

B - висота будівель;

$\Delta h_b = h_b - h_B$ - висота антени стаціонарної станції від рівня дахів при відстані між будівлями (20-50 м);

ω -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, 3], 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:

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

де: E - напруженість поля для 1 кВт є.в.п., дБ/мкВ/м;

f - частота радіообміну, МГц;

H_1 - висота антени стаціонарної 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;

$$a(H_2) = (1,1 \log f - 0,7)H_2 - (1,56 \log f - 0,8);$$

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

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

Вважається, що рівняння Окумура-Хата добре узгоджується з графіками кривих Рекомендації, 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 цією методикою значенням напруженості поля, розрахунок дальності, в свою чергу, може бути здійснено на основі відомого в радіотехніці співвідношення для діючого значення напруженості поля в районі прийомної антени.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

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 3 000 MHz.