

**МІНІМІЗАЦІЯ РОЗБІЖНОСТІ ЗОН ДОСЯЖНОСТІ
У НАПРЯМКАХ БАЗА-ТЕРМІНАЛ ТА ТЕРМІНАЛ-БАЗА
СИСТЕМ СТІЛЬНИКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ**

Постановка завдання. Потреба у мінімізації розбіжності зон досяжності у напрямках база-термінал та термінал-база актуальна, оскільки існуючі методики прогнозування зон покриття не враховують цієї розбіжності, що призводить до створення суттєвого інформаційного надлишку у каналах зв'язку та передачі даних. Крім того, вказаний фактор обумовлює виникнення взаємних радіозавад неприпустимих рівнів.

Обґрунтування методу. Мінімізація розбіжності зон досяжності пропонується здійснювати у три етапи:

- визначення зон досяжності на конкретній місцевості;
- складання енергетичного балансу каналів зв'язку та обміну даними;
- вибір змінних і фіксованих параметрів бази та терміналу з подальшою побудовою номограм оптимальних значень величин цих параметрів.

Вихідними даними для моделювання, відповідно до вимог нормативного документу [2], є наступні: розміри перешкод R_1, R_2, R_3 [км]; відстані від базової станції до перешкод r_1, r_2, r_3 [км]; потужність передавача базової станції P_b та терміналу P_t [кВт]; коефіцієнт спрямованої дії антени базової станції G_b та терміналу G_t ; чутливість приймача базової станції E_b та терміналу E_t [мВ/м]; висоти встановлення антен базової станції H_b та терміналу H_t [км]; робоча частота f [МГц].

Процедури розрахунку повторюються на кожному кроці по азимуту навколо базової станції (БС). Зона досяжності являє собою частину ділянки місцевості усередині замкненої лінії рівної напруженості на рівні чутливості

приймального пристрою. Усі розрахунки викладені в роботі [4]. Вони базуються на відомій формулі ідеального радіопередавання, яка помножується на коефіцієнт ослаблення V , що враховує реальні умови [1, 2, 3]:

$$E = \frac{\sqrt{60PG}}{r} V, \quad (1)$$

де E – напруженість електричного поля (НЕП) в точці приймання (чутливість приймача); P – потужність передавача; G – коефіцієнт спрямованої дії антени; r – відстань до точки спостереження.

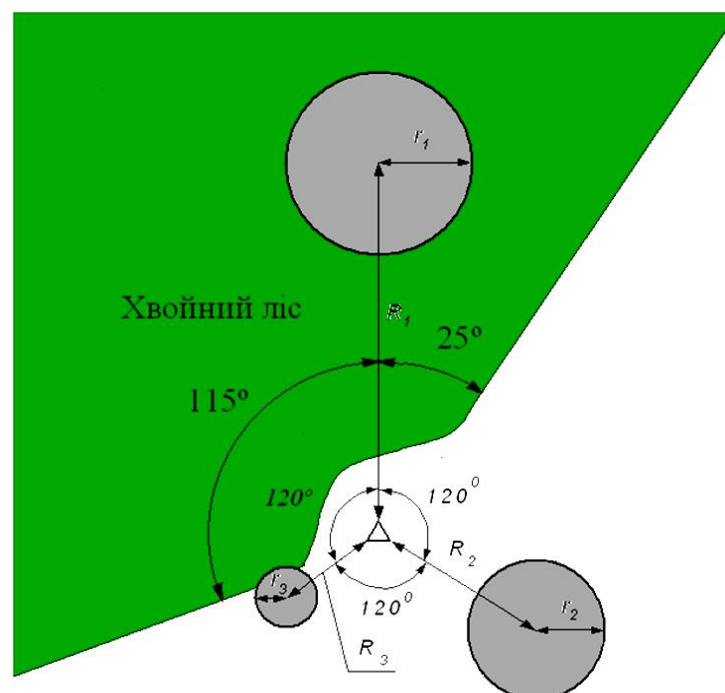


Рис. 1. План фрагменту ділянки місцевості

Для прикладу моделювання, відображеного на рис. 1, відповідно до вимог нормативних документів [2], вихідні дані розрахунків обираємо такі: $R_1 = 2$ км, $R_2 = 1$ км, $R_3 = 0,5$ км; $r_1 = 0,5$; $r_2 = 0,3$; $r_3 = 0,1$ км; $P_b = 0,4$, $P_t = 0,0008$ кВт; $G_b = G_t = 1,5$; $E_b = 1,2 \times 10^{-3}$ та $E_t = 2,5 \times 10^{-3}$ мВ/м; $H_b = 10$ м та $H_t = 1$ м; $f = 900$ МГц. Модель розбіжності зон досяжності для даного прикладу ділянки місцевості відображена на рис. 2, де чорною лінією показані межі зони досяжності у напрямі база-термінал, а синьою – термінал-база.

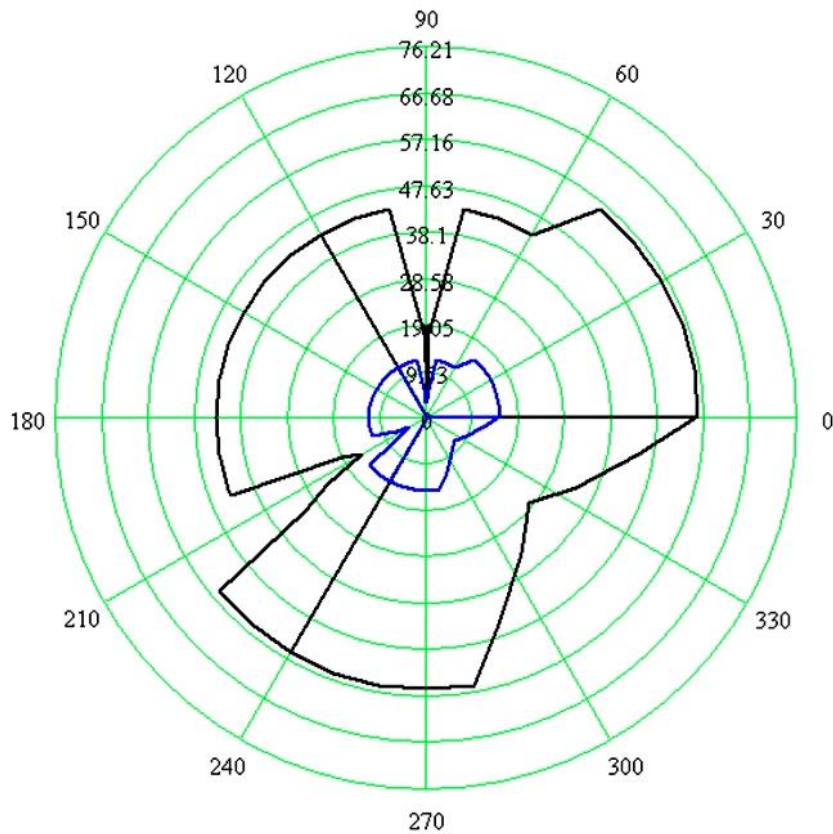


Рис. 2. Модель розбіжності зон досяжності

З розгляду рис. 2 випливає, що базова станція за рахунок більшої потужності має значно більшу зону досяжності, ніж термінал. Очевидно, що зв'язок буде стійким лише у тому випадку, коли забезпечуватиметься досяжність у напрямку термінал – база. При цьому виникає суттєва розбіжність зон досяжності у напрямках база-термінал та термінал-база, при якій сигнал бази поширюється фактично поза призначенням. Така розбіжність призводить до небажаного інформаційного надлишку у каналах зв'язку та передачі даних, а також високих рівнів завад сусіднім за територією радіоелектронним засобам.

Для запобігання цієї розбіжності необхідно оптимально обирати значення потужностей та чутливостей відповідних прийомо-передавальних пристроїв і висот встановлення антен. Оптимальний режим стійкого двостороннього зв'язку може бути забезпечений за умови узгодження радіусів зон покриття напрямків база-термінал r_b та термінал-база r_t , тобто $|r_b - r_t| = 0$. Тому, з формули (1),

відповідно до [4], виразимо відповідні відстані покриття з урахуванням висот антен базової станції H_b та терміналу H_t і після перетворень отримаємо:

$$\frac{\sqrt{P_b}}{E_t} H_b = \frac{\sqrt{P_t}}{E_b} H_t \quad (2)$$

Враховуючи, що $\frac{\sqrt{P_b}}{E_t}$ - енергоємність каналу база-термінал, а $\frac{\sqrt{P_t}}{E_b}$ -

енергоємність каналу термінал-база, отримаємо, що мінімальне розходження зон покриття буде забезпечено при рівності цих енергоємностей. В кожному конкретному випадку розташування обладнання стільникового зв'язку, необхідно забезпечити виконання вказаних умов шляхом відповідного вибору значення енергоємностей каналів. Для цього, співвідношення (2) перетворимо таким чином, щоб в лівій частині були параметри бази, а в правій – терміналу:

$$E_b \sqrt{P_b} H_b = E_t \sqrt{P_t} H_t \quad (3)$$

Співвідношення (3) слід розглядати як сімейство функцій та відповідних графіків, кожен з яких відображує залежність $E_t = f(P_t)$ при фіксованому значенні добутку $E_b \sqrt{P_b}$, тобто

$$E_t = \frac{E_b H_b \sqrt{P_b}}{H_t \sqrt{P_t}} \quad (4)$$

При цьому, експлуатант системи стільникового зв'язку, виходячи з конкретних умов та характеристик обладнання, має можливість будувати за формулою (4) власні номограми залежностей конкретної пари параметрів при фіксованих значеннях інших параметрів для рішення задачі мінімізації типу $|r_b - r_t| = 0$.

Розглянемо приклад при $E_b = (1,0; 1,5 \dots 2) \times 10^{-3}$ мВ/м, $P_b = 5; 10; 15; 20$ Вт; $P_t = 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9 \dots 1,5$ Вт, $H_t = 1$ м, $H_b = 10$ м, для якого номограма

оптимальних значень параметрів бази та терміналу буде мати вигляд, який наведено на рис. 3.

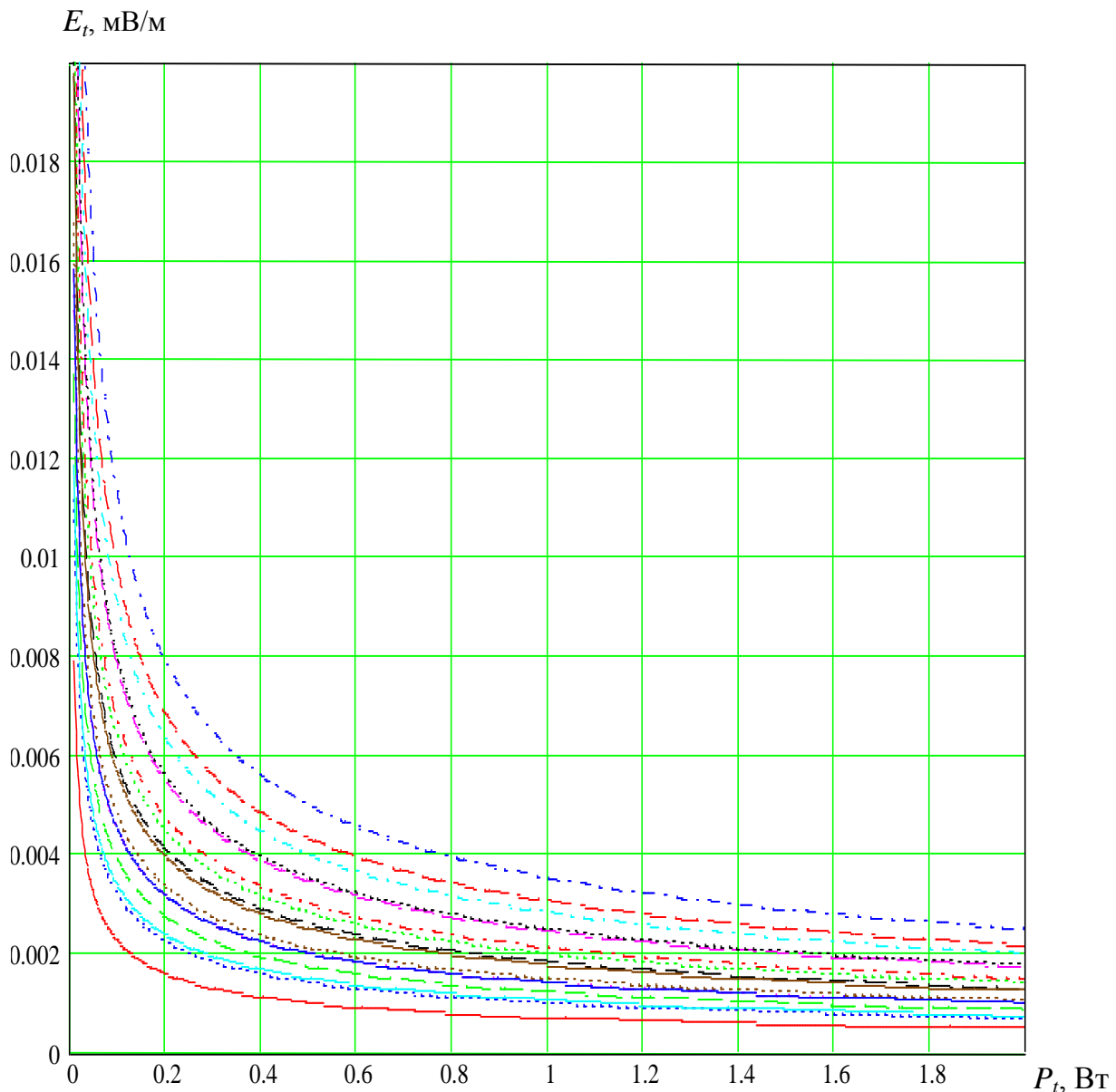


Рис. 3. Номограма оптимальних значень параметрів терміналу та бази

Будь-яка точка сімейства графіків залежності $E_t = f(P_t)$ для фіксованих значень добутку $E_b \sqrt{P_b}$ (рис. 3), при зазначених вихідних даних, дозволяє вибрати такі параметри базової станції та терміналу, при яких буде усунута розбіжність між зонами покриття напрямків база-термінал та термінал-база. Даний приклад дає можливість застосувати розроблений метод вибору оптимальних параметрів базової станції та терміналу при варіації одних груп

параметрів та фіксації інших, і визначення потрібних параметрів для кожного експлуатанта або користувача, виходячи з конкретних умов розташування та експлуатації систем стільникового зв'язку. Це дозволить уникнути небажаних інформаційних надлишків у каналах і мережах зв'язку та обміну даними.

Висновки.

1. Перевага запропонованого методу мінімізації розбіжності зон досяжності напрямів база-термінал та термінал-база – його простота, оскільки він не передбачає інтегральних або диференціальних обчислень.

2. Розбіжність зон досяжності у напрямках база-термінал та термінал-база обумовлює небажаний інформаційний надлишок у каналах зв'язку та передачі даних, а також високі рівні взаємних радіозавад.

3. Для запобігання розбіжності між зонами досяжності у напрямках база-термінал та термінал-база пропонується оптимізувати вибір значень потужності відповідних передавальних пристроїв та чутливості приймальних пристроїв.

Список літератури

1. *Петров Б.М.* Электродинамика и распространение радиоволн. – М.: Горячая линия-Телеком, 2003. – 560 с.

2. Соглашение между администрациями связи о координации частот между 29,7 МГц и 43,5 ГГц для фиксированных и сухопутных подвижных служб – Видання Міжнародного союзу електрозв'язку, Відень, 30.06.2000.

3. *Уайт Р. Ж.* Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и непреднамеренные помехи. – М.: Мир, 1981. – 480 с.

4. *Габрусенко Є.І., Захаров Д.М., Меньша А.О.* Методика моделювання розбіжності зон досяжності у напрямках база-термінал та термінал-база систем стільникового зв'язку. Захист інформації. Збірник наукових праць НАУ, вип.15-2008, Київ, ДУІКТ, 2008, с. 53-59.