

## ОПТИМІЗАЦІЙНИЙ ПІДХІД ДО ВИБОРУ ПАРАМЕТРІВ МІКРОХВИЛЬОВИХ ЛІНІЙ ЗВ'ЯЗКУ ПРЯМОЇ ВИДИМОСТІ

**Лагода А.В., Трубаров. І.В.**

*Інститут телекомунікаційних систем*

*КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна*

*E-mail: anastasialahoda@gmail.com*

### OPTIMIZATION APPROACH FOR SELECTION OF MICROWAVE LINE-OF-SIGHT LINK PARAMETERS

The ITU recommends using a specific algorithm to determine antenna heights, emphasizing the importance of optimizing the clearances above the height of the antenna itself.

In our methodology, we have improved this approach to include the calculation of optimal antenna heights and diameters. We introduce a procedure that allows us to find such antenna heights and diameters that are minimal in terms of equipment cost, antenna diameter, and mast length, but still provide high signal quality.

Мікрохвильові лінії прямої видимості складаються з систем "точка-точка" між двома наземними станціями, які передають і приймають сигнали, використовуючи переваги поширення хвиль через нижню частину атмосфери (тропосферу). Мікрохвильові лінії працюють в режимі прямої видимості в діапазонах частот від 400 МГц до 95 ГГц за певних умов доступності та якості. На практиці ці системи називають мікрохвильовими лініями зв'язку, мікрохвильовими лініями прямої видимості, радіолініями фіксованої служби або просто радіолініями.

Шлях поширення хвильового фронту між передавачем і приймачем мікрохвильової лінії прямої видимості є вигнутою траєкторією. Якщо проаналізувати радіогоризонт (відстань, на якій хвильовий фронт перехоплює кривизну Землі), то виявиться, що ця відстань може бути як більшою, так і меншою за геометричну відстань до оптичного горизонту (дотична до Землі, що проходить повз передавач), залежно від умов тропосфери, що можна побачити на рис.1.

Загальна методика визначення висот підвісу антен полягає в тому, що ITU рекомендує [2] визначати антени виходячи з критерію забезпечення необхідного просвіту, але вона не визначає конкретних оптимальних значень висот машт прольоту. Пропонується включити три параметри: діаметр антени (передбачається, що антени на обох кінцях прольоту однакові), висота підвісу, антени передавача та висота підвісу антени приймача, в структуру оптимізації. Також потрібно визначити такі параметри за яких виконуються параметри якості: Клас 4 за рекомендацією ITU-R F.696-2[3] при якому ESR = 0.4% та відсоток часу загальної неготовності прольоту ( $P_u$ ) є 0.1%. При цьому нашою метою є досягнення мінімальної загальної вартості обладнання.

Для цього необхідно ввести моделі вартості які можуть бути будь-якими та у якості методу оптимізації обирається метод повного перебору варіантів.

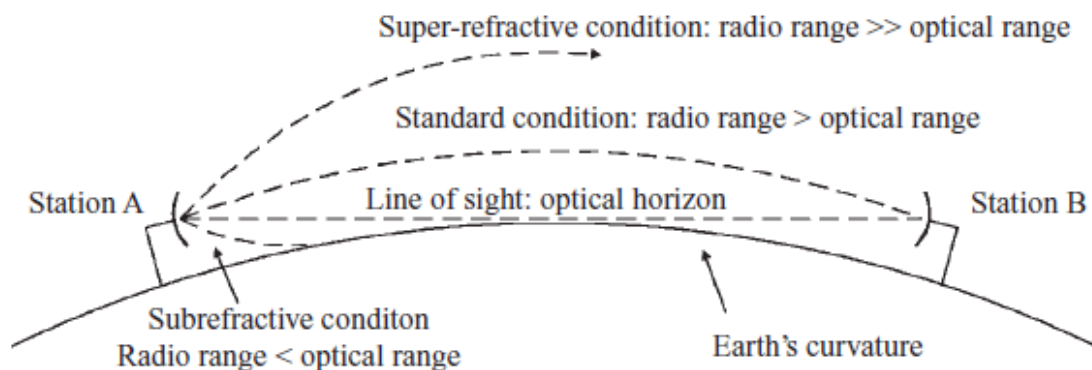


Рис. 1. Оптичний горизонт та радіогоризонт [1].

Метод перебору варіантів вважається найбільш точним серед усіх методів оптимізації, оскільки він гарантує знаходження істинного оптимуму. Однак його недолік полягає у великій обчислювальній складності: при великій кількості параметрів обчислення може займати значний час, або навіть стати неможливим у зв'язку з необхідністю провести повний перебір, що може зайняти надзвичайно багато часу або навіть вимагати нескінченного часу для завершення.

Однак у випадку описаної задачі, де кількість номіналів діаметрів антен та кількість секцій машт відносно невелика - 10 номіналів антен та 15 секцій машт, загальна кількість варіантів перебору становить 2250. Така кількість варіантів є прийнятною для використання методу перебору варіантів без значного збільшення часу обчислень. Отже, в рамках перевірки підходу, що пропонується, було здійснено моделювання та оптимізацію радіорелейної лінії зв'язку з параметрами, наведеними в табл. 1. Сама графічна діаграма радіорелейного прольоту за результатами оптимізації на рис. 2.

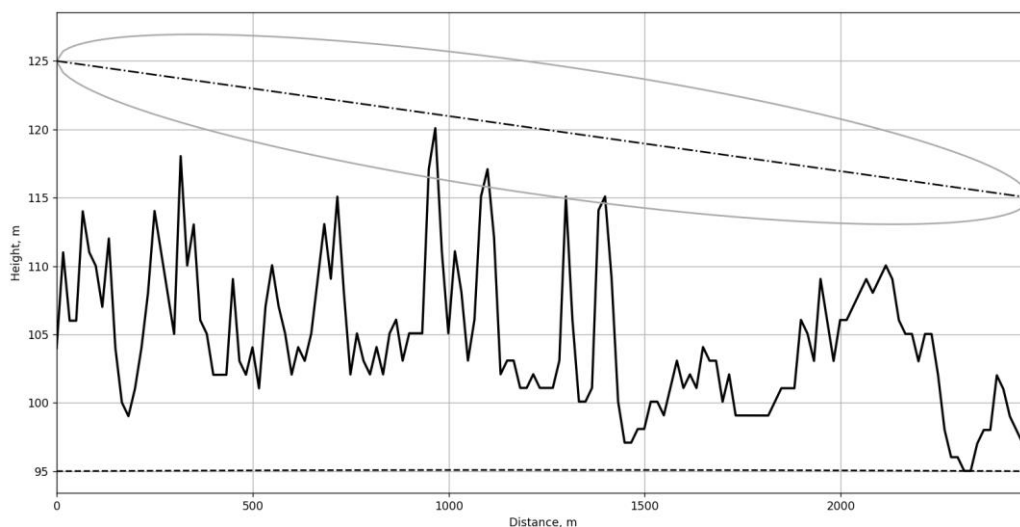


Рис.2. Графічна діаграма радіорелейного прольоту

Табл. 1. Параметрами ліній.

Відсоток недоступності через багатопроменеве поширення хвиль, %	0.0002
Частота, МГц	8000
Потужність передавача, дБм	20.0
Чутливість приймача, дБм	-66
Коефіцієнт підсилення антени, дБ	25.404
Відстань зв'язку, м	2481.468
Оптимальний діаметр антени	0.3 m
Оптимальна висота антени з боку передавача	21.0 m
Оптимальна висота антени з боку приймача	18.0 m
Оптимальне значення загальної вартості обладнання радіорелейної лінії, відносні одиниці	235485.568
Оптимальне значення просвіту	1.021 m

В роботі реалізовано таку задачу оптимізації і знайдено такі висоти підвісу антен і діаметри антен, щоб загальна вартість цього обладнання була найменшою, діаметри антен були найменшими, сумарна довжина машт підвісу також була найменшою, але при цьому усі показники якості виконувалися за допомогою методу перебору варіантів.

Даний метод виправданий оскільки дуже швидко дозволяє обрати оптимальні параметри і при цьому він не залежить від конкретних моделей вартості обладнання. Тобто воно може задаватись різними способами.

### Література

1. Pablo Angueira, Juan Antonio Romo / Microwave line of sight link engineering.
2. ITU-R P.530 Propagation data and prediction methods required for the design of terrestrial line-of-sight systems (09/2021).
3. ITU-R F.696-2 Error performance and availability objectives for hypothetical reference digital sections forming part or all of the medium-grade portion of an integrated services digital network connection at a bit rate below the primary rate utilizing digital radio-relay systems (02/1997).