

УДК 621.396 (045)

О.В. ХОМЯК

*Національний авіаційний університет, Україна***ОЦІНКА ВТРАТ РАДІОСИГНАЛУ ПРИ ПОШИРЕННІ В МОДЕЛІ POINT-TO-POINT ЗА РАХУНОК ВІДБИТТЯ ВІД МІСЦЕВИХ ПРЕДМЕТІВ**

Наведено аналітичний огляд визначення додаткових дифракційних втрат, що виникають через довільне відбиття сигналу від місцевих предметів, будівель та рослинності, що оточують антену. Відзначено, що врахування втрат рівня сигналу при розповсюдженні за рахунок відбиття від місцевих предметів стає актуальнішим за віддаленості від джерела випромінювання близького до границі зони дії радіоелектронного засобу. Відзначено, що можна розраховувати втрати завдяки статистичним номінальним показникам, або враховувати геометрію кожного окремо взятого відбивача, якщо відоме точне його розташування на трасі. Встановлено, що в промисловій зоні, або густонаселених районах затухання радіосигналу через відбиття від місцевих предметів на порядок вище аніж у приміській зоні, або на відкритих трасах без значних переешкод поблизу приймальної, або передавальної станції. Наведено графіки впливу різних типів відбиваючих предметів.

Ключові слова: поширення радіохвиль, відбиття, місцеві предмети, дифракція, рельєф місцевості, номінальні параметри відбивачів.

Вступ

Щоб забезпечити надійний радіозв'язок між передавачем і приймачем потрібно знати рівень ослаблення радіосигналу. Статистичні моделі поширення радіохвиль можуть лише приблизно показати рівень затухань. Набагато точніші цифри покажуть моделі, в яких враховується рельєф місцевості, затухання в атмосферних газах, тощо.

Необхідно враховувати й додаткові дифракційні втрати, що виникають через довільне відбиття сигналу від місцевих предметів, будівель та рослинності, що оточують антену.

Враховувати такі втрати треба на обох кінцях траси, якщо є повна інформація щодо типу навколишнього середовища. Якщо ж є сумніви щодо точності рельєфу місцевості, то такі додаткові втрати можна не розраховувати. Але в такому випадку не можна забезпечити абсолютно надійний радіозв'язок. Особливу актуальність врахування втрат рівня сигналу при розповсюдженні за рахунок відбиття від місцевих предметів набуває за віддаленості від джерела випромінювання близького до границі зони дії радіоелектронного засобу.

У статті представлений аналіз проблеми врахування втрат в моделі point-to-point за рахунок відбиття від місцевих предметів.

1. Теоретичні засади

Втрати за рахунок відбиття від місцевих предметів для станцій, що створюють перешкоди і що зазнають ці перешкоди, позначені, відповідно, A_{ht} і

A_{hr} (дБ). Можливий додатковий захист залежить від висоти і, отже, моделюється у вигляді функції виграшу за рахунок висоти, нормованої відносно до номінальної висоти місцевих відбиваючих предметів [1].

Номінальну висоту місцевих відбиваючих предметів, h_a (м), і їх відстань від антени, d_k (км), вважають «усередненими» величинами, найпритаманнішими для відбивачів цього типу.

Модель поправок є консервативною, оскільки існують неточності даних щодо дійсних висот, типових для конкретних ситуацій. Але якщо параметри відбивача відомі, то ними можна безпосередньо замінювати значення статистичних параметрів.

Додаткові втрати внаслідок захисту від місцевих відбиваючих предметів описуються таким виразом:

$$A_h = 10,25 \cdot e^{-d_k} \times \left(1 - \tanh \left[6 \left(\frac{h}{h_a} - 0,625 \right) \right] \right) - 0,33, \quad (1)$$

де d_k – відстань (км) від номінального розташування відбивного предмета до антени;

h_a – номінальна висота відбивного предмета (м) над місцевим рівнем землі;

h – висота антени (м) над місцевим рівнем землі. Наведені в таблиці 1 номінальні значення висот і відстаней приблизно рівні характеристичній висоті і ширині проміжку, визначеними у Рекомендації ITU-R P.1058. Однак модель, описана тут для оцінки додаткових втрат за рахунок екранування місцевими відбивачами є консервативною [2].

Таблиця 1

Номінальні висоти відбивних предметів і їх відстані до антени

Категорія предмету, що відбиває радіохвилю (земної поверхні)	Номінальна висота, h_a (м)	Номінальна відстань, d_k (км)
Високоврожайні поля Зелена паркова зона Навмання розташовані одинокі дерева Фруктовий сад (з правильним розташуванням дерев) Окремі будівлі	4	0,1
Центральна частина села	5	0,07
Листові дерева (навмання розташовані) Листові дерева (правильно розташовані) Мішаний ліс	15	0,05
Хвойні дерева (навмання розташовані) Хвойні дерева (правильно розташовані)	20	0,05
Тропічний ліс	20	0,03
Передмістя	9	0,025
Густонаселене передмістя	12	0,02
Місто	20	0,02
Густонаселене місто	25	0,02
Промислова зона	20	0,05

2. Застосування методики

Метод використання поправки на виграш за рахунок висоти, A_{ht} або A_{hr} (дБ) зображено на рис. 1.

Якщо тип відбиваючих предметів відомий чи про них можна зробити впевнене припущення, то для розрахунку основних втрат передачі слід використовувати основну процедуру прогнозування, вибравши з таблиці 1 номінальну висоту h_a , що відповідає типу відбивача. Протяжність траси повинна дорівнювати $d-d_k$ (км).

Якщо $d \gg d_k$, то незначну поправку d_k у виразі для довжини траси можна сміливо опустити.

Коли є перешкода, що екранує місце розташування станції і здатна забезпечити захист терміналу від перешкод, поправка повинна бути включена в основні розрахунки, але втрати за рахунок екранування (A_{st} або A_{sr} (дБ)) слід обчислювати, використовуючи висоту h_a при відстані d_s , а не h при відстані d_L , що мало б місце в інших випадках.

Після закінчення основної процедури слід додати поправку на виграш за рахунок висоти, отриману за допомогою рівняння (1), як зазначено в таблиці 1.

Якщо інформація про відбиваючий предмет відсутня, основні розрахунки слід проводити, використовуючи відстані d або d_L (залежно від ситуації) і висоту h .

При необхідності поправку на виграш за рахунок висоти відбиваючого предмета слід враховувати

для обох кінців траси.

Якщо треба ввести поправку на виграш за рахунок висоти ділянки суші, і поправку на зв'язок через хвилевід, розташований над морем (A_{ct} або A_{cr} (дБ)), (коли антена розташована поблизу моря, але її затінюють місцеві предмети), то обидві ці поправки можна використовувати разом, оскільки вони сумісні і доповнюють одна одну.

Якщо d ненабагато більше d_k , то цю модель не можна використовувати.

3. Оцінка втрат за рахунок відбиття від місцевих предметів

Дослідимо основні можливі варіанти загасання радіосигналу за рахунок відбиття від місцевих предметів.

Варто розглянути три основні випадки:

- загасання радіосигналу в залежності від співвідношення висоти приймальної антени до висоти відбиваючої перешкоди;

- загасання радіосигналу в залежності від віддаленості від приймальної антени відбиваючої перешкоди;

- загасання радіосигналу в найсприятливіших і найгірших умовах розташування відбиваючої завади (відповідно зелена паркова зона ($h_a=4$ м, $d_k=0,1$ км) і густонаселене місто ($h_a=25$ м, $d_k=0,02$ км)).

Відповідні графіки залежності наведено на рис. 2.

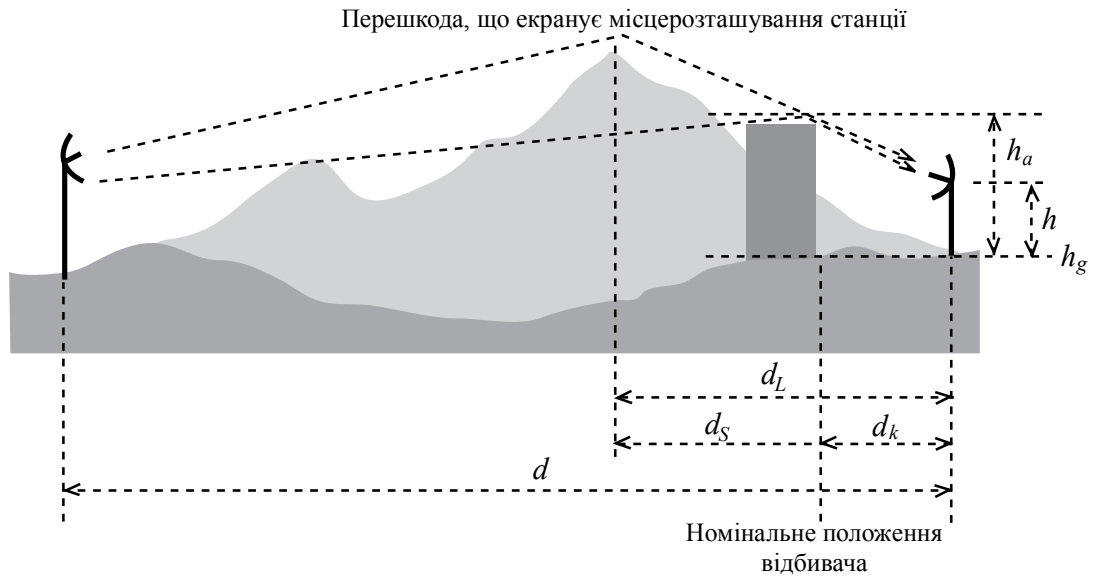


Рис. 1. Спосіб застосування поправки на виграш за рахунок висоти, A_{ht} або A_{hr} :
 d – довжина траси (км); d_S , d_K – відстані до відбивачів (км);
 d_L – відстань до перешкоди, що екранує місцерозташування станції (км);
 h_g – номінальна висота землі (м); h_a – номінальна висота відбивача (м);
 h – номінальна висота приймальної антени (м)

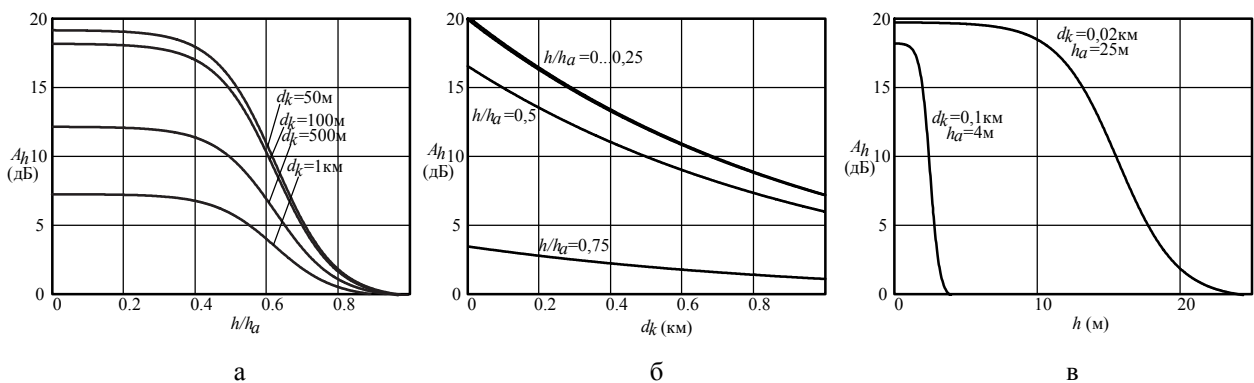


Рис. 2. Оцінка втрат за рахунок відбиття від місцевих предметів:

а – загасання радіосигналу в залежності від співвідношення висоти приймальної антени до висоти відбиваючої перешкоди, б – загасання радіосигналу в залежності від віддаленості від приймальної антени відбиваючої перешкоди; в – загасання радіосигналу за найкращих і найгірших умов розташування оточуючих предметів

Видно, що чим далі відбивач від приймальної антени, тим більше рівень загасання сигналу зменшується, причому коли висота антени і завади однакові рівень втрат мінімальний, не залежно від того як далеко розташована перешкода. Коли висота антени більша за висоту відбиваючого предмета, стає несуттєвим як далеко розташована перешкода, оскільки в такому випадку, якщо траса прямої видимості, то на ній немає дифракції на субтрасах.

З третього графіка видно, що чим далі знаходиться відбиваючий предмет і чим менша його висота тим стрімкіше знижується рівень втрат радіосигналу за рахунок відбиття від місцевих предметів.

Висновки

Визначальним фактором для рівня загасання радіосигналу є співвідношення висоти антени до висоти відбиваючого предмета. Тому варто приділяти більшу увагу не тому, як далеко розташована завада, та на скільки високо прикріплена приймальна або ж передавальна антени. З графіків на рис. 2 видно, що рівень загасання радіосигналу може бути до 20 дБ. Тож особливо актуально враховувати рівень загасання при розповсюдженні за рахунок відбиття від місцевих предметів за віддаленості від джерела випромінювання близького до границі зони дії радіоелектронного засобу.

Література

1. Рекомендация МСЭ-R P.452-12. Процедура прогнозирования для оценки микроволновых помех между станциями, находящимися на поверхности Земли, на частотах выше приблизительно 0,7 ГГц. [Электронный ресурс]. – 2005. – 51 с. – Режим доступа: http://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.452-12-200503-S!!PDF-R.pdf. – 31.05.2013.
2. Rec. ITU-R P.1058-1. Digital topographic data-bases for propagation studies [Электронный ресурс].

– 1997. – 7 р. – Режим доступа: http://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.1058-1-199705-S!!PDF-E.pdf. – 31.05.2013.

3. Распространение радиоволн [Текст] / В.А. Пермяков, В.В. Солодухов, В.В. Бодров, М.В. Исаков. – М.: Изд-во МЭИ, 2006. – 184 с.

4. Калинин, А.И. Распространение радиоволн на трассах наземных и космических радиолиний [Текст] / А.И. Калинин. – М.: Связь, 1979. – 296 с.

Поступила в редакцию 31.05.2013, рассмотрена на редколлегии 17.06.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф., проф. кафедры радіоелектронних пристроїв та систем Інституту аерокосмічних систем управління Л.В. Сібрuck, Національний авіаційний університет, Київ.

ОЦЕНКА ПОТЕРЬ РАДИОСИГНАЛА ПРИ РАСПРОСТРАНЕНИИ В МОДЕЛИ POINT-TO-POINT ЗА СЧЕТ ОТРАЖЕНИЯ ОТ МЕСТНЫХ ПРЕДМЕТОВ

А.В. Хомяк

Приведен аналитический обзор определения дополнительных дифракционных потерь, возникающих из-за произвольного отражения сигнала от местных предметов, зданий и растительности, окружающих антенну. Отмечено, что учет потерь уровня сигнала при распространении за счет отражения от местных предметов становится актуальнее при удаленности от источника излучения близкого к границе зоны действия радиоэлектронного средства. Отмечено, что можно рассчитывать потери благодаря статистическим номинальным показателям, или учитывать геометрию каждого отдельно взятого отражателя, если известно точное его расположение на трассе. Установлено, что в промышленной зоне или густонаселенных районах затухание радиосигнала через отражение от местных предметов на порядок выше чем в пригородной зоне, или на открытых трассах без значительных препятствий вблизи приемной или передающей станций. Приведено графики влияния различных типов отражающих предметов.

Ключевые слова: распространения радиоволн, отражение, местные предметы, дифракция, рельеф местности, номинальные параметры отражателей.

ASSESSMENT OF LOSS IN RADIO PROPAGATION MODEL FOR POINT-TO-POINT FOR REFLECTION FROM LOCAL ITEMS

O.V. Khomiak

An analytical review of identifying additional diffraction losses arising from any signal reflections from local objects, buildings and vegetation surrounding the antenna. It is noted that the inclusion of losses in the propagation of the signal through the clutter becomes more relevant when the distance from the radiation source close to the boundary of range of electronic resources. It is noted that it is possible to calculate the loss due to nominal statistical indicators, or take into account the geometry of each individual reflector, if you know its exact location on the track. Found that, in the industrial area or densely populated areas of signal attenuation through the clutter is much higher than in suburban areas or on open roads without significant obstacles close to the receiving and transmitting stations. Graphic shows the effect of different types of reflective objects.

Key words: propagation, reflection, local objects, diffraction, terrain, nominal parameters reflectors.

Хомяк Александр Викторович – асистент каф. радіоелектронних пристроїв та систем Інституту аерокосмічних систем управління Національного авіаційного університету, Київ, Україна, e-mail: khomiak@ukr.net.