

Практичне заняття №2

Висота підйому антени над землею поверхнею та супутні параметри (частина 2)

Мета заняття: розв'язування задач на визначення висот підйому антен з урахуванням зон Френеля та кривизни земної поверхні; розрахунок внутрішнього та зовнішнього радіусів покриття секторної антени базової станції; розрахунок нахилу антени базової станції.

Основні питання заняття:

1. Розрахунок висот підйому антен з урахуванням зон Френеля та кривизни земної поверхні.
2. Розрахунок внутрішнього та зовнішнього радіусів покриття секторної антени базової станції.
3. Розрахунок нахилу антени базової станції.

Хід заняття

1. Домінантна область простору має форму еліпсоїда обертання, у фокусах якого розташовано передавальну та приймальну антени. Максимальний радіус доміантної області буде посередині між цими антенами, а його значення визначатимуть радіуси зон Френеля. У практиці мобільного зв'язку зазвичай враховують лише першу зону Френеля. Відомо, що природні (нерівності земної поверхні, пагорби, дерева) та штучні (будівлі, стовпи тощо) перепони, які потрапляють у цю зону, послаблюють радіосигнал [1]. Тому розраховуючи висоти підйому антен базових станцій мобільного зв'язку, беручи за основу радіус першої зони Френеля, зважають і на таке [1]:

– перекриття на 20 % зони Френеля може спричинити незначне затухання у радіоканалі. Якщо перекриття становить більше, ніж 40 %, послаблення сигналу буде значно більшим,

тому потрібно уникати таких перепон при плануванні мережі мобільного зв'язку;

– калькулятор зон Френеля у [1] базується на ідеальному варіанті, коли земна поверхня плоска. Проте нехтувати кривизною земної поверхні не варто. Для радіотрас з довжинами, більшими ніж 20 км, потрібно виконувати повний розрахунок, який має враховувати рельєф місцевості та штучні перепони. У будь-яких випадках доцільно намагатись підняти антени на такі висоти, які враховують кривизну земної поверхні.

Тому, наприклад, калькулятор у [2], вкладка «Fresnel Clearence Zone», враховує кривизну земної поверхні. Мінімальну висоту підйому антени він розраховує як 60 % від теоретичного значення, яке, у свою чергу, є сумою радіуса першої зони Френеля та радіуса кривизни земної поверхні для заданої відстані між антенами.

Калькулятор у [1] розраховує радіус першої зони Френеля та 80 % від цього значення.

2. Використовуючи онлайн-калькулятори [1, 2], розрахуйте висоти підйому передавальної h_1 та приймальної h_2 антен. Значення частоти – одна з середніх частот смуг 4G LTE (таблиця 9.1, [3]). Відстань між антенами – з таблиці 9.2. Вважаючи $h_1 = h_2 = h$, отримані результати занесіть до таблиці 9.3

Таблиця 9.1

Номер смуги	Назва смуги	Uplink, МГц	Downlink, МГц	Середня частота, МГц	Смуга, %
1	2	3	4	5	6
1	2100	1920 – 1980	2110 – 2170	2045	12,2
2	1900	1850 – 1910	1930 – 1990	1920	7,3
3	1800	1710 – 1785	1805 – 1880	1795	9,5

Продовження таблиці 9.1

1	2	3	4	5	6
4	1700	1710 – 1755	2110 – 2155	1932,5	23,1
5	850	824 – 849	869 – 894	859	8,2
6	850	830 – 840	875 – 885	857,5	6,5
7	2600	2500 – 2570	2620 – 2690	2595	7,4
8	900	880 – 915	925 – 960	920	8,7
9	1800	1749,9 – 1784,9	1844,9 – 1879,9	1814,9	7,17
10	1700	1710 – 1770	2110 – 2170	1940	24
11	1500	1427,9 – 1452,9	1475,9 – 1500,9	1464,4	5
12	700	698 – 716	728 – 746	722	6,7
13	700	777 – 787	746 – 756	766,5	5,4
14	700	788 – 798	758 – 768	778	5,2
15	2600	1900 – 1920	2600 – 2620	2260	32
16	2600	2010 – 2025	2585 – 2600	2355	21
17	700	704 – 716	734 – 746	725	5,8
18	850	815 – 830	860 – 875	845	7,1
19	850	830 – 845	875 – 890	860	7
20	800	832 – 862	791 – 821	826,5	8,6
24	1500	1447,9 – 1462,9	1495,5 – 1510,9	1479,4	4,3
22	3500	3410 – 3500	3510 – 3600	3505	5,5
23	2000	2000 – 2020	2180 – 2200	2100	9,6
24	1600	1625,5 – 1660,5	1525 – 1559	1592,75	8,6
25	1900	1850 – 1915	1930 – 1995	1922,5	7,6
26	850	814 – 849	859 – 894	854	9,4
27	850	807 – 824	852 – 869	838	7,4
28	700	703 – 748	758 – 803	753	13,3
29	7	–	717 – 728	722,5	1,6
30	2300	2305 – 2315	2350 – 2360	2332,5	2,4
31	450	452,5 – 457,5	462,5 – 467,5	460	3,3
32	1500	–	1452 – 1496	1474	3
65	2100	1920 – 2010	2110 – 2200	2060	13,6
66	1700	1710 – 1780	2110 – 2200	1955	25,1

Продовження таблиці 9.1

1	2	3	4	5	6
67	700	–	738 – 758	748	2,7
68	700	698 – 728	753 – 783	740,5	11,5
69	2600	–	2570 – 2620	2595	2
70	1700	1695 – 1710	1995 – 2020	1857,5	17,5
71	600	663 – 698	617 – 652	657,5	12,4
252	5200	–	5150 – 5250	5200	2
255	5800	–	5725 – 5850	5785	2,3

Таблиця 9.2

Номер варіанта	Відстань між антенами, км
1	0,5
1	1,0
2	1,5
3	2,0
4	2,5
5	3,0
6	3,5
7	4,0
8	4,5
9	5,0
10	5,5
11	6,0
12	6,5
13	7,0
14	7,5
15	8,0
16	8,5
17	9,0
18	9,5
19	10,0

У таблиці 9.3: висота підйому антен 1 – це значення висоти підйому антен без урахування кривизни земної поверхні, а висота підйому антен 2 – з урахуванням кривизни земної поверхні.

Таблиця 9.3

Номер смуги	Назва смуги	Середня частота смуги, МГц	Відстань між антенами, МГц	Висота підйому антен 1 / висота підйому антен 2, м		
				h	$0,8 \cdot h$	$0,6 \cdot h$
... / / / ...

3. Вважаючи висоту підйому передавальної антени $h_1 = h$ (таблиця 9.3), приймальної $h_2 = 0$ м, та використовуючи онлайн-калькулятори [1]; [4]; [5] чи [6], розрахуйте внутрішній та зовнішній радіус покриття секторної антени базової станції (на половинному рівні потужності) при кутах нахилу антени 4° , 8° та 10° . Значення ширини ДНА взяти за свого варіанта задачі №1 практичного заняття №8. Результати розрахунків занесіть до таблиці 9.4.

Таблиця 9.4

Висота підйому передавальної антени, м	Внутрішній радіус соти, м			Зовнішній радіус соти, м		
	4°	8°	10°	4°	8°	10°
...

4. Використовуючи онлайн-калькулятори [1]; [4]; [5] чи [6], розрахуйте такий кут нахилу антени базової станції, при якому максимум ДН відповідав би вибраній вами відстані з таблиці 9.2, а внутрішній і зовнішній радіус соти – орієнтовно $\pm 50\%$ від цієї відстані. Висоту підйому антени взяти з п.3. Яка при цьому має бути ширина ДНА?

Интернет-ресурси

1. Калькулятор зоны Френеля, угла наклона антенн, радиуса покрытия секторной антенны. Режим доступа: <http://nanobridge.com.ua/pages/calc/calc.htm>
2. Моха WLAN calculator. Режим доступа: <http://iwcalculator.moxa.com/>
3. Частоты диапазонов (бэндов) 4G LTE. 3G – Aerial. Режим доступа: <https://3g-aerial.biz/chastoty/4g-lte-bands-frequencies>
4. Antenna Downtilt and Coverage Calculator. Режим доступа: <https://www.ainfoinc.com/t-calculator-antenna-downtilt>
5. Antenna Downtilt and Coverage Calculator. Electrical Engineering. Режим доступа: <https://www.allaboutcircuits.com/tools/antenna-downtilt-and-coverage-calculator/>
6. Калькулятор расчета необходимого угла наклона антенны. Режим доступа: <http://bwa.lgp.kz/tilt.php>