Шахобиддинов Алишер Шопатхиддинович, Юсупова Азиза Рафкатовна

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АРХИТЕКТУРЫ МЕГАПОЛИСА НА ОСЛАБЛЕНИЕ УРОВНЯ ПОЛЯ БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ СТАНДАРТА GSM

В статье приводятся выражения для расчета величины ослабления напряженности поля базовых станций стандарта GSM в условиях мегаполиса, а также анализируется влияние архитектуры городской застройки и рельефа местности на ослабление уровня поля базовых станций стандарта GSM. Известно, что расчетные выражения ослабления уровня поля, в частности, по модели "Окамура-Хата", имеют эмпирический характер. В связи с этим, в исследовании сделана попытка максимальной адаптации модели "Окамура-Хата" к условиям города со специфической архитектурой.

Адрес статьи: www.gramota.net/materials/1/2015/9/40.html

Статья опубликована в авторской редакции и отражает точку зрения автора(ов) по рассматриваемому вопросу.

Источник

Альманах современной науки и образования

Тамбов: Грамота, 2015. № 9 (99). С. 144-147. ISSN 1993-5552.

Адрес журнала: www.gramota.net/editions/1.html

Содержание данного номера журнала: www.gramota.net/materials/1/2015/9/

© Издательство "Грамота"

Информация о возможности публикации статей в журнале размещена на Интернет сайте издательства: www.gramota.net

Вопросы, связанные с публикациями научных материалов, редакция просит направлять на адрес: almanac@gramota.net

УДК 621.396.949
Технические науки

В статье приводятся выражения для расчета величины ослабления напряженности поля базовых станций стандарта GSM в условиях мегаполиса, а также анализируется влияние архитектуры городской застройки и рельефа местности на ослабление уровня поля базовых станций стандарта GSM. Известно, что расчетные выражения ослабления уровня поля, в частности, по модели «Окамура-Хата», имеют эмпирический характер. В связи с этим, в исследовании сделана попытка максимальной адаптации модели «Окамура-Хата» к условиям города со специфической архитектурой.

Ключевые слова и фразы: ослабление уровней электромагнитного поля; напряженность поля; город; базовые станции сотовой связи; диапазоны 900 и 1800 МГц; холмистость; радиальные и поперечные улицы; районы с малой и средней плотностью застройки.

Шахобиддинов Алишер Шопатхиддинович
Юсупова Азиза Рафкатовна
Ташкентский университет информационных технологий, Республика Узбекистан
alishah@list.ru; azi-07@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АРХИТЕКТУРЫ МЕГАПОЛИСА НА ОСЛАБЛЕНИЕ УРОВНЯ ПОЛЯ БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ СТАНДАРТА GSM©

В настоящее время в Республике Узбекистан наблюдается стремительный рост количества абонентов и числа базовых станций сотовой связи (БССС), излучение электромагнитных полей которых оказывает значительное влияние на электромагнитную совместимость станций, работающих на одинаковых частотах, а также на экологическую обстановку в районах их расположения.

Для оптимального размещения БССС необходимо знание закономерностей ослабления уровней электромагнитного поля, в частности, в диапазоне 900 МГц, которые определяются архитектурой городской застройки. В частности, в Ташкенте наблюдается своя специфическая архитектура, обусловленная национальными традициями и использованием солнцезащитных элементов.

Известно, что величина потерь мощности излучения станции мобильной связи L определяется в дБ разностью уровня напряженности поля E_0 в свободном пространстве и уровня напряженности поля E, полученного в ходе эксперимента или расчета.

В результате анализа применимости расчетных выражений ослабления уровней поля, к дальнейшему использованию выбрана модель «Окамура-Хата» для расчета потерь передачи L в городской местности (модель рекомендована Международным союзом электросвязи (МСЭ)) для высот подвеса передающих антенн h_b= 30…200 м, высот подвеса приемных антенн h_m= 1…10 м и расстояний r= 1…20 км. Следующее выражение основано на упрощенной модели «Окамура-Хата» для «среднего города» [9]:

$$L = 68{,}75 - 13{,}82\lg h_b + 27{,}72\lg f - (1{,}1\lg f - 0{,}7)h_m + (44{,}9 - 6{,}55\lg h_b)\lg r \text{, дБ,} \quad (1)$$

где величины f – в МГц, а r – в км.

Однако такая запись – не совсем корректна, поскольку берутся логарифмы чисел, имеющих размерность. В связи с этим, данную формулу предлагается записать в следующем виде:

$$L = 68{,}75 - 13{,}82lg\left(h_b / h_o\right) + 27{,}72lg\left(f / f_0\right) - \left[1{,}1lg\left(f / f_0\right) - 0{,}7\right]\left(h_m / h_0\right) +$$
$$+ \left[44{,}9 - 6{,}55lg\left(h_b / h_0\right)\right]lg\left(r / r_0\right), \text{ дБ,} \quad (2)$$

где h_0 – единичная высота, равная 1 м;

f_0 – единичная частота, равная 1 МГц;

r_0 – единичное расстояние, равное 1 км.

Необходимо отметить, что для правильного анализа закономерностей распределения уровней электромагнитного поля в городских условиях, необходимо проведение натурных измерений напряженности поля. Для удобства анализа, районы города, где планировалось проводить измерения, были условно разбиты на районы с большой плотностью застройки (многоэтажные здания), районы с малой плотностью застройки (одно- и двухэтажные здания, пригород), радиальные и поперечные трассы (по отношению к антенне одной из базовых станций сотовой связи). Трассы измерений выбирались таким образом, чтобы условия распространения радиоволн на них были приблизительно одинаковыми.

© Шахобиддинов А. Ш., Юсупова А. Р., 2015

Для проведения исследований был выбран мобильный измерительный комплекс фирмы *Rohde & Schwarz.*

Отметим, что измерительный прибор выдаёт значения уровня поля в децибелах относительно 1 мкВ/м (далее дБмкВ). Так как мы будем иметь дело с выборкой чисел, то необходимо определиться со значением доверительной вероятности. Для научных исследований вполне достаточно значения доверительной вероятности β=0,95. Значения напряженности поля, не попадающие в доверительный интервал, были отброшены при обработке данных измерений.

В ходе измерений был получен большой объем выборок, которые подверглись обработке. В результате обработки экспериментальных данных были получены модернизированные выражения модели «Окамура-Хата» для г. Ташкента [3; 6-8]:

- для районов города со средней плотностью застройки:

$$L = -27,55 - 13,82lg\left(h_b / h_0\right) + 27,72lg\left(f / f_0\right) - \left[1,1lg\left(f / f_0\right) - 0,7\right]\left(h_m / h_0\right) + \\ + \left[31,9 - 6,55lg\left(h_b / h_0\right)\right] \cdot lg\left(r / r_0\right), \text{ дБ;} \quad (3)$$

- для районов города с малой плотностью застройки:

$$L = -32,17 - 13,82lg\left(h_b / h_0\right) + 27,72lg\left(f / f_0\right) - \left[1,1lg\left(f / f_0\right) - 0,7\right]\left(h_m / h_0\right) + \\ + \left[25 - 6,55lg\left(h_b / h_0\right)\right] \cdot lg\left(r / r_0\right), \text{ дБ;} \quad (4)$$

- для широких радиальных улиц:

$$L = -29,55 - 13,82lg\left(h_b / h_0\right) + 27,72lg\left(f / f_0\right) - \left[1,1lg\left(f / f_0\right) - 0,7\right]\left(h_m / h_0\right) + \\ + \left[27 - 6,55lg\left(h_b / h_0\right)\right] \cdot lg\left(r / r_0\right), \text{ дБ;} \quad (5)$$

- для широких поперечных улиц:

$$L = -27,41 - 13,82lg\left(h_b / h_0\right) + 27,72lg\left(f / f_0\right) - \left[1,1lg\left(f / f_0\right) - 0,7\right]\left(h_m / h_0\right) + \\ + \left[37 - 6,55lg\left(h_b / h_0\right)\right] \cdot lg\left(r / r_0\right), \text{ дБ.} \quad (6)$$

Так как выбранная модель «Окамура-Хата» предназначена для расчёта ослабления уровней поля над квазигладкой поверхностью земли, нами в материалах работы [4] было предложено введение коэффициента, учитывающего холмистость местности в модели «Окамура-Хата». Поправочный коэффициент, учитывающий холмистость местности, имеет вид:

$$K_X = A \cdot \Delta h \text{ , дБ,} \quad (7)$$

где A – эмпирический коэффициент, равный 0,2 дБ/м для холмистой местности в пределах высот неровности Δh = 20…40 м и 0,225 дБ/м в пределах высот неровности Δh = 40…80 м.

Помимо знания распределения уровней поля в городских условиях с различными видами застройки, необходимо также знать, какое ослабление будут вносить одиночно стоящие высотные здания. Для этих целей, было проведено дополнительное исследование, которое заключалось в определении уровня поля перед зданиями и за зданиями.

В результате обработки данных измерений установлено, что одиночно стоящие высотные здания вносят дополнительное ослабление порядка 15…25 дБ. В ряде случаев наблюдалось явление «усиление клиновидным препятствием».

Величину потерь, вносимую одиночно стоящим зданием, можно учесть введением в модернизированную модель «Окамура-Хата» коэффициента $L_{вз}$ [2]. Данный коэффициент наиболее применим для районов с малой плотностью застройки.

С учетом коэффициентов, учитывающих ослабление, вносимое отдельными высотными зданиями, и холмистость местности, модернизированные модели «Окамура-Хата» приобретают следующий вид [5]:

- для районов города со средней плотностью застройки:

$$L = -27,55 - 13,82lg\left(h_b / h_0\right) + 27,72lg\left(f / f_0\right) - \left[1,1lg\left(f / f_0\right) - 0,7\right]\left(h_m / h_0\right) + \\ + \left[31,9 - 6,55lg\left(h_b / h_0\right)\right] \cdot lg\left(r / r_0\right) + L_{вз} + K_x \text{ , дБ;} \quad (8)$$

- для районов города с малой плотностью застройки:

$$L = -32,17 - 13,82lg\left(h_b / h_0\right) + 27,72lg\left(f / f_0\right) - \left[1,1lg\left(f / f_0\right) - 0,7\right]\left(h_m / h_0\right) +$$
$$+ \left[25 - 6,55lg\left(h_b / h_0\right)\right] \cdot lg\left(r / r_0\right) + L_{вз} + K_x, \text{ дБ}; \quad (9)$$

- для широких радиальных улиц:

$$L = -29,55 - 13,82lg\left(h_b / h_0\right) + 27,72lg\left(f / f_0\right) - \left[1,1lg\left(f / f_0\right) - 0,7\right]\left(h_m / h_0\right) +$$
$$+ \left[27 - 6,55lg\left(h_b / h_0\right)\right] \cdot lg\left(r / r_0\right) + K_x, \text{ дБ}; \quad (10)$$

- для широких поперечных улиц:

$$L = -27,41 - 13,82lg\left(h_b / h_0\right) + 27,72lg\left(f / f_0\right) - \left[1,1lg\left(f / f_0\right) - 0,7\right]\left(h_m / h_0\right) +$$
$$+ \left[37 - 6,55lg\left(h_b / h_0\right)\right] \cdot lg\left(r / r_0\right) + L_{вз} + K_x, \text{ дБ}. \quad (11)$$

Все эти выражения справедливы для диапазона 900 МГц.

Теперь получим поправку на величину ослабления поля для диапазона 1800 МГц. Для этого вначале возьмем выражение (1) и аналогичное выражение COST 231-Hata [8] для «среднего» города, рекомендованное МСЭ в диапазоне частот 1500…2000 МГц, которое имеет следующий вид:

$$L = 45,5 - 13,82\lg h_b + 35,4\lg f - (1,1\lg f - 0,7)h_m + (44,9 - 6,55\lg h_b) \cdot \lg r, \text{ дБ}. \quad (12)$$

Подставив в выражение (1) частоту f = 900 МГц, а в (12) – 1800 МГц, получим:

$$L = 68,75 - 13,82\lg h_b + 81,89 - (1,1\lg f - 0,7)h_m + (44,9 - 6,55\lg h_b) \cdot \lg r, \text{ дБ}; \quad (13)$$

$$L = 45,5 - 13,82\lg h_b + 115,24 - (1,1\lg f - 0,7)h_m + (44,9 - 6,55\lg h_b) \cdot \lg r, \text{ дБ}. \quad (14)$$

Для определения величины разницы в ослаблении поля на частотах 900 и 1800 МГц вычтем из составляющих уравнения (14) составляющие уравнения (13) и получим разницу ΔL = 10,1 дБ.

Следовательно, величина потерь в «среднем» городе на частоте 1800 МГц будет на 10,1 дБ больше, чем на частоте 900 МГц.

С учетом двух коэффициентов, учитывающих ослабление, вносимое отдельными высотными зданиями, и холмистость местности, модернизированные модели «Окамура-Хата» для диапазона 1800 МГц приобретают следующий вид:

- для районов города со средней плотностью застройки:

$$L = -17,45 - 13,82lg\left(h_b / h_0\right) + 27,72lg\left(f / f_0\right) - \left[1,1lg\left(f / f_0\right) - 0,7\right]\left(h_m / h_0\right) +$$
$$+ \left[31,9 - 6,55lg\left(h_b / h_0\right)\right] \cdot lg\left(r / r_0\right) + L_{вз} + K_x, \text{ дБ}; \quad (15)$$

- для районов города с малой плотностью застройки:

$$L = -22,07 - 13,82lg\left(h_b / h_0\right) + 27,72lg\left(f / f_0\right) - \left[1,1lg\left(f / f_0\right) - 0,7\right]\left(h_m / h_0\right) +$$
$$+ \left[25 - 6,55lg\left(h_b / h_0\right)\right] \cdot lg\left(r / r_0\right) + L_{вз} + K_x, \text{ дБ}; \quad (16)$$

- для широких радиальных улиц:

$$L = -19,45 - 13,82lg\left(h_b / h_0\right) + 27,72lg\left(f / f_0\right) - \left[1,1lg\left(f / f_0\right) - 0,7\right]\left(h_m / h_0\right) +$$
$$+ \left[27 - 6,55lg\left(h_b / h_0\right)\right] \cdot lg\left(r / r_0\right) + K_x, \text{ дБ}; \quad (17)$$

- для широких поперечных улиц:

$$L = -17,31 - 13,82lg\left(h_b / h_0\right) + 27,72lg\left(f / f_0\right) - \left[1,1lg\left(f / f_0\right) - 0,7\right]\left(h_m / h_0\right) +$$
$$+ \left[37 - 6,55lg\left(h_b / h_0\right)\right] \cdot lg\left(r / r_0\right) + L_{вз} + K_x, \text{ дБ}. \quad (18)$$

Известно также, что материалы стен зданий влияют на ослабление сигнала внутри помещений и на уровень отраженной волны.

По данным МСЭ [1], электрические характеристики кирпичных стен составляют следующие значения:

- относительная диэлектрическая проницаемость ε=3,75;
- удельная проводимость σ=0,038 См/м.

Эксперименты, проведенные на участках кирпичных стен из местных материалов на частоте 900 МГц, показали следующие результаты:

- для желтого кирпича ε=2,5; σ=0,004 См/м;
- для красного кирпича ε=2,2; σ=0,04 См/м.

Эти данные показывают, что в стенах из желтого кирпича ослабление значительно меньше, чем в стенах из красного кирпича. То есть, для желтого кирпича из местных материалов относительная диэлектрическая проницаемость уменьшилась в 1,5 раза, а удельная проводимость уменьшилась в 9,5 раза. Для красного кирпича удельная проводимость практически не изменилась, а относительная диэлектрическая проницаемость уменьшилась в 1,7 раза.

Поскольку отражающие свойства кирпичных стен зданий зависят от значений ε и σ, то в случае нормального падения волны для желтого кирпича значение модуля коэффициента отражения уменьшилось в 1,41 раза, а в случае красного кирпича – в 1,59 раза (сравнение проведено со значениями, приведенными в рекомендации МСЭ-R P-1238-6 [Там же]).

Таким образом, установлено, что отражение электромагнитных волн от кирпичных стен из местных материалов – гораздо меньше, а проникновение волн сквозь эти стены – гораздо значительнее, чем сквозь кирпичные стены из зарубежных материалов.

Список литературы

1. **Данные о распространении радиоволн и методы прогнозирования для планирования систем радиосвязи внутри помещений и локальных зоновых радиосетей в частотном диапазоне 900 МГц – 100 ГГц**: рекомендация МСЭ-R P-1238-6 / Международный союз электросвязи. Женева, 2009. 27 с.
2. **Ликонцев Д. Н., Шахобиддинов А. Ш.** Исследование влияния отдельных высотных зданий на ослабление уровней поля диапазона 900 МГц и электродинамических характеристик кирпичных стен // Инфокоммуникации: Сети – Технологии – Решения. 2011. № 2. С. 21-23.
3. **Ликонцев Д. Н., Шахобиддинов А. Ш.** Экспериментальное исследование распределения уровней напряженности поля диапазона 900 МГц // Вестник Ташкентского университета информационных технологий. 2009. № 4. С. 56-60.
4. **Ликонцев Д. Н., Шахобиддинов А. Ш., Нигманов А. А.** Учет холмистости местности в моделях «Окамура-Хата» // Инфокоммуникации: Сети – Технологии – Решения. 2008. № 1. С. 23-24.
5. **Шахобиддинов А. Ш.** Расчет уровня поля диапазона 900 МГц на улицах г. Ташкента // Сборник докладов Республиканской научно-технической конференции молодых ученых, исследователей, магистрантов и студентов «Проблемы информационных технологий и телекоммуникаций». Ташкент, 2012. С. 216-218.
6. **Шахобиддинов А. Ш., Ликонцев Д. Н.** Модели распределения уровней поля базовых станций сотовой связи диапазона 900 МГц в г. Ташкенте // The 4th International Conference on Application of Information and Communication Technologies. Tashkent, 2010. P. 245-246.
7. **Шахобиддинов А. Ш., Ликонцев Д. Н.** Модели расчета уровней напряженности поля диапазона 900 МГц в условиях г. Ташкента // Сборник докладов Республиканской научно-технической конференции молодых ученых, исследователей, магистрантов и студентов «Информационно-коммуникационные технологии в науке и образовании». Ташкент, 2010. С. 79-83.
8. **Шахобиддинов А. Ш., Нигманов А. А.** Эмпирические модели распространения радиоволн в городских условиях // Инфокоммуникации: Сети – Технологии – Решения. 2007. № 1. С. 23-32.
9. **Hata M.** Empirical Formula for Propagation Loss in Land Mobile Radio Services // Institute of Electrical and Electronics Engineers Transactions on Vehicular Technology. 1980. Vol. 29. P. 317-329.

RESEARCH OF MEGALOPOLIS ARCHITECTURE IMPACT ON GSM STANDARD BASE STATIONS FIELD LEVEL ATTENUATION

Shakhobiddinov Alisher Shopatkhiddinovich
Yusupova Aziza Rafkatovna
Tashkent University of Information Technologies, The Republic of Uzbekistan
alishah@list.ru; azi-07@mail.ru

The article presents expressions for calculating the value of GSM standard base stations field intensity attenuation in megalopolis conditions, and also analyzes the impact of urban area development architecture and relief on GSM standard base stations field level attenuation. It is known that the calculation expressions of field level attenuation, particularly, according to the model “Okumura-Hata”, have empirical character. Thereby in the research an attempt is made to maximally adapt the model “Okumura-Hata” to the conditions of the town with specific architecture.

Key words and phrases: electromagnetic field levels attenuation; field intensity; town; base stations of cellular communication; 900 and 1800 MHz bands; hilliness; radial and cross streets; territories with low and middle housing density.