

# Методы оценки расчета зон радиопокрытия с учетом геометрия поверхности

---

Избышев Денис Максимович ОмГУ им. Ф.М. Достоевского  
(Омск)

# Основные модели распространения радиосигнала для сотовых систем связи

---

## Эмпирические модели:

- Логарифмическая модель потерь
- Модель ITU
- Модель Окамура-Хата
- Модель COST231 Хата
- Модель Лонгли-Райса

## Дифракционные модели

- Модель с одним клином
- Мультилинковая модель Эпштейна-Петерсона
- Мультилинковая модель Дэйгута
- Мультилинковая модель Джованелли

## Полуэмпирические модели:

- COST231 Уолфиш-Икегами
- Модель Ли
- Модель Окамура-Хата & клин
- Модель COST231 Хата & клин

## Детерминистические модели

- Модель с трассировкой лучей
- Модель конечных производных

# Модель Окамура-Хата(Эмпирическая)

В соответствии с этой моделью средняя величина затухания сигнала при распространении в городских районах

---

$$L_m [\text{дБ}] = 69,55 + 26,16 \lg f - 13,82 \lg h_{\text{ан}} - \alpha(h_{\text{ан}}) + (44,9 - 6,55 \lg h_{\text{ан}}) (\lg R)^b$$

где  $f$  – рабочая частота в МГц;

$h_{\text{БС}}$  – высота подъема антенны базовой станции в м;

$h_{\text{МС}}$  – высота подъема антенны мобильной станции в м;

$R$  – дальность связи в км;

$b = 1$  для  $R \leq 20$  км

$b = 1 + (0,14 + 0,000187 f + 0,00107 h_{\text{БС}}^*) (\log [0,05 R])^{0,8}$  для  $R > 20$  км,

где:

# Модель Уолфиша-Икегами(Полуэмпирическая)

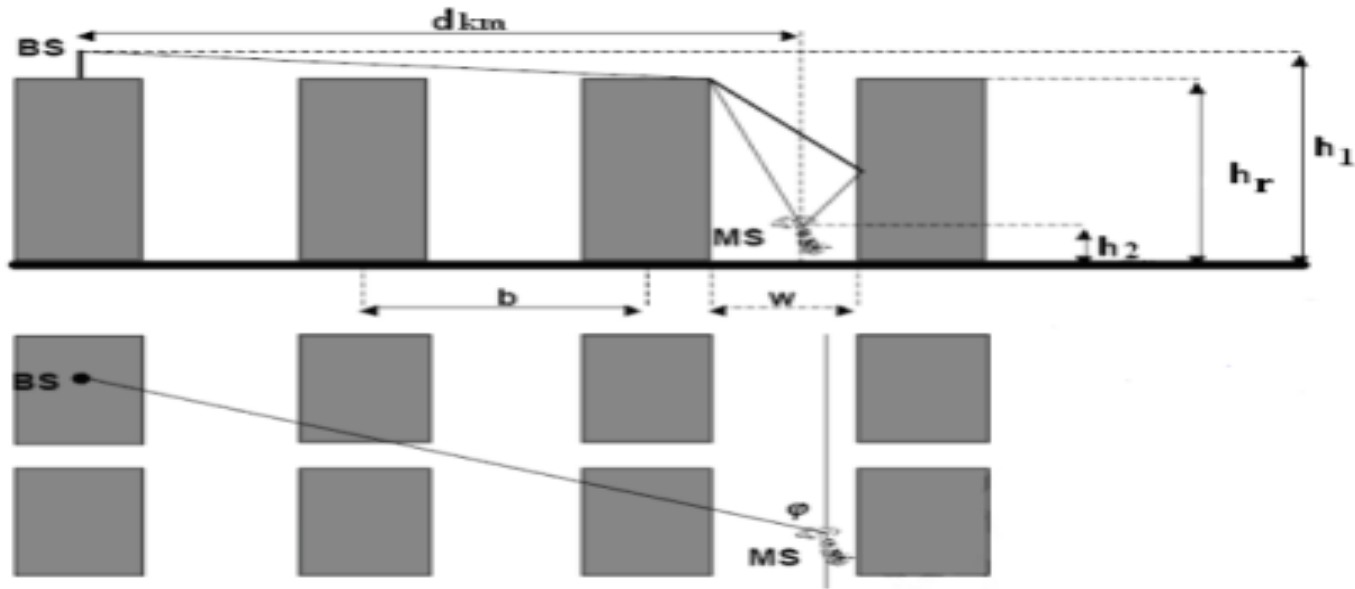


Рис.1 Модель Уолфиша-Икегами

При отсутствии прямой видимости основное выражение для медианных потерь

$$L_b = \begin{cases} L_0 + L_{rts} + L_{msd}, & L_{rts} + L_{msd} \geq 0, \\ L_0, & L_{rts} + L_{msd} < 0, \end{cases}$$

$L_0$  – потери распространения в свободном пространстве

$L_{rts}$  -потери при распространении сигнала над крышами зданий за счет дифракции

$L_{msd}$  – потери при множественном отражении сигнала от стен зданий

$$L_0 = 32,44 + 20\log(d) + 20\log(f)$$

---

$$L_{rts} = -16,9 - 10\log(w) + 10\lg(f) + 20\lg(h) + L$$

В зоне прямой видимости. Для вычисления величины потерь при распространении используется относительно простая формула

$$L_b = 42.6 + 26\log(d) + 20\log(f)$$

# Модель с одним клином(Дифракционная)

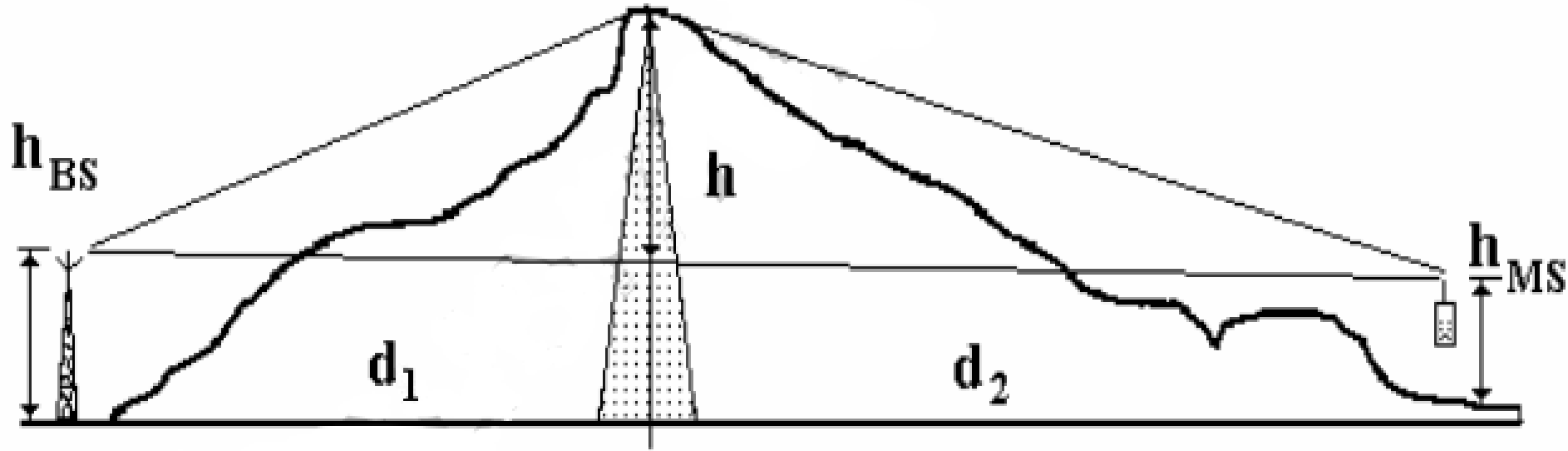


Рис 2. Модель с одним клином

Потери мощности сигнала при распространении по трассе с одним клином:

$$L = L_0 + L_d \quad (3),$$

$L_0$  – потери распространения в свободном пространстве

$L_d$  – дифракционные потери

# Модель с трассировкой лучей (Детерминистическая)

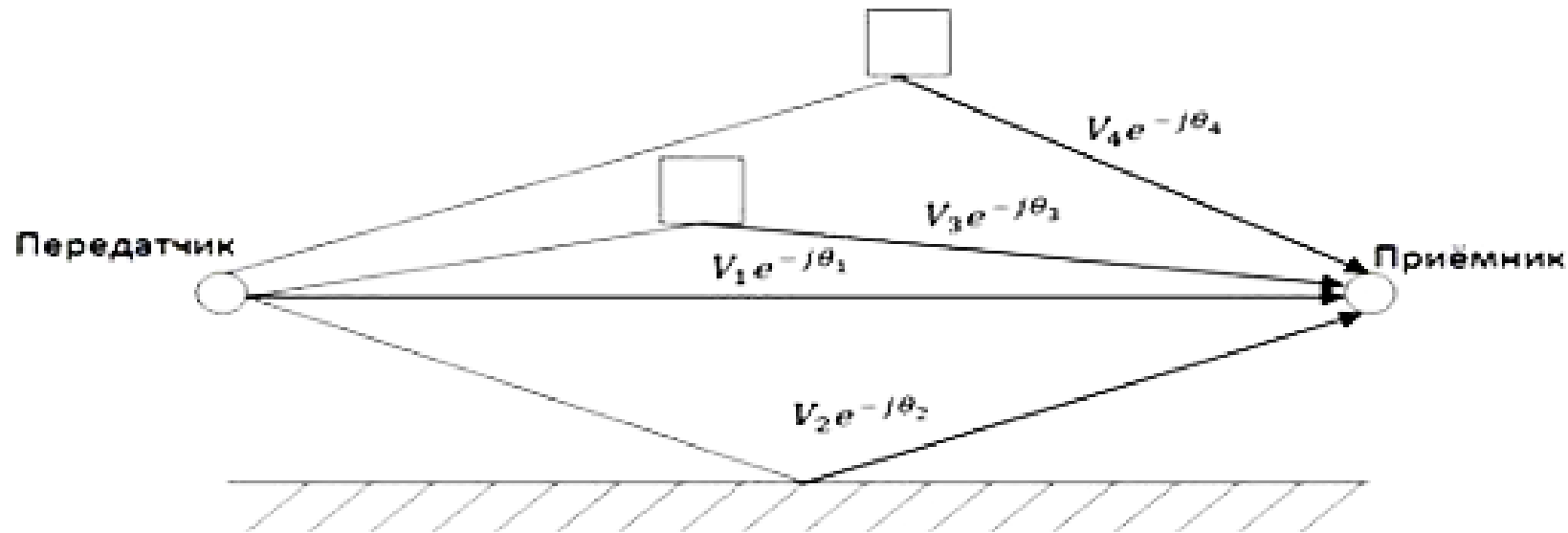


Рис 3. Модель с трассировкой лучей

**Комплексный сигнал, попадающий в приёмник:**

$$V_r e^{-j\theta} = V_1 e^{-j\theta_1} + V_2 e^{-j\theta_2} + \sum_{k=3}^N V_k e^{-j\theta_k} \quad (4)$$

$V_1$  - амплитуда сигнала, попадающего на приемник по прямой видимости

$V_2$  - амплитуда отраженного сигнала

$V_k$  - амплитуды сигналов, попадающих по отраженным путям

$\theta_1, \theta_2, \theta_3$  - фазовые сдвиги

# Выводы

---

Мы рассмотрели основные модели расчета зон покрытия, рекомендованные Международным союзом Электросвязи.

Достоинством эмпирических и полуэмпирических моделей это простота использования, поскольку их описания сводятся к конечному числу математических выражений. Однако недостатком использование этих моделей является большая погрешность в случаях использования в условиях заметно отличающихся от рекомендованных.

Плюсом использования дифракционных и детерминистических моделей является то, что обе модели физически обоснованы, то есть используют закономерности детально описанные с точки зрения физики. А недостатком их это сложность расчета.



# Список литературы

---

А.К. Мовчан, Е.В. Рогожников «Расчет ослабления сигнала в сети сотовой связи 5G для частот диапазона FR1»

В. А. Аксенов «Расчет зон радиопокрытия базовых станций GSM»

Д. А. Покаместов, В. А. Кологривов, Г. П. Бабур-Карателли, Я. В. Крюков «Расчёт зон обслуживания кластера базовых станций систем сотовой связи при заданном распределении абонентов»

В.Г.Гавриленко, В.А.Яшнов «Распространение радиоволн в современных системах мобильной связи »

---

**Спасибо за внимание!**