РАСЧЕТ ЦИФРОВЫХ РРЛ

Этап 4: задачи 13 – 16

Задача 13

Рассчитать параметры ψ, A и по графику «Зависимость $T(V_{min})$ от ψ» определить процент времени ухудшения связи из-за рефракции.

Значение относительного просвета P_g и P_{g0} берется из задач 9, 12.

Методика решения

Параметр вычисляется по формуле

$$\psi = 2.31 \cdot A \cdot \left[p(\bar{g}) - p(g_0) \right], \qquad (1.26)$$

где

$$A = \frac{1}{\sigma_{R_0}} \cdot \sqrt{\frac{\lambda}{R_0^3 \cdot \kappa(1-\kappa)}} \quad . \qquad (1.27)$$

По графику на рисунке 8 определяем $T(V_{min})$.

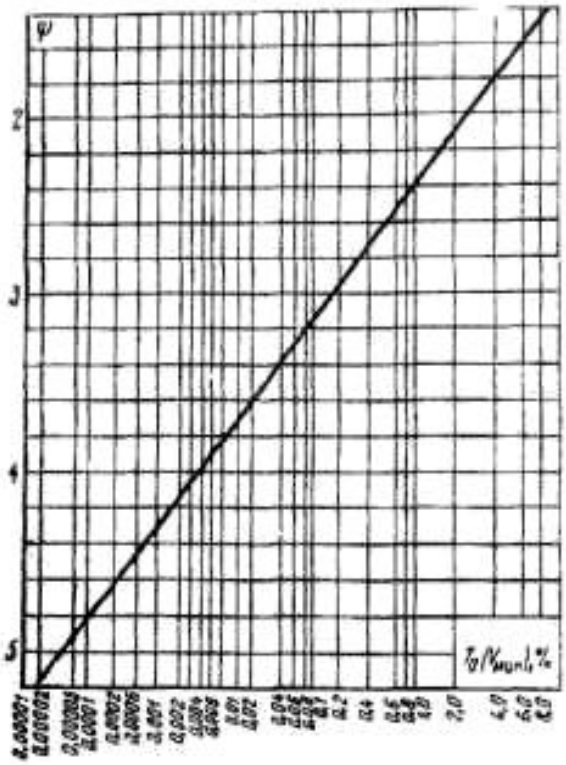

Рисунок 8 – Зависимость $T(V_{min})$ от ψ

Если рассчитанное значение $T(V_{min}) \geq 0,003$, необходимо провести оптимизацию высот подвеса антенн. При этом необходимо увеличить $H(\bar{g})$, пересчитать $P(\bar{g}), \psi, T(V_{MIN})$ и в случае соответствия рассчитанного значения вышеприведенному условию, на величину $H(\bar{g})_{треб} - H(\bar{g})$ (где $H(\bar{g})_{треб}$ -

значение $H(\bar{g})$, при котором выполняется условие) необходимо увеличить h_1 и h_2 на пролете.

Для уменьшения количества итераций, необходимых для получения приемлемого значения $T(V_{min})$, предлагается использовать следующий алгоритм:

1. по графику на рисунке 7 определить значение параметра ψ, соответствующее пороговому значению $T(V_{min})_{пор}=0{,}003\ \psi_{пор}$.
2. Из (1.26) выражаем $P(\bar{g})$.
3. Рассчитываем значение $P(\bar{g})_{треб}$, подставляя в формулу, полученную на предыдущем шаге, значение $\psi_{пор}$.
4. Из (1.21) выражаем $H(\bar{g})$.
5. Подставляя значение $\psi_{пор}$ в формулу, полученную в п.4, находим требуемое значение $H(\bar{g})$, т.е. $H(\bar{g})_{треб}$.
6. Увеличиваем высоты антенн на величину $H(\bar{g})_{треб} - H(\bar{g})$.
7. Строим профиль радиотрассы с отмеченными начальными и скорректированными высотами антенн.

Пример решения и оформления.

Задача 13

Исходные данные:

$P(\bar{g})=1{,}9$

$P(g_0)=-0{,}81$

$H_0=12{,}45$ м

$H(\bar{g})=23{,}6$ м

$\sigma_{R_0}=9{,}36\cdot10^{-8}$ 1/м

$R_0=44$ км

$\lambda=0{,}043$ м

$k=0{,}44$

$h_1=112{,}7$ м

$h_2=102{,}7$ м

Найти: ψ, A, $T(V_{min})$; проверить значение $T(V_{min})$ на соответствие нормам и скорректировать высоты антенн при необходимости.

Решение.

$$\psi = 2.31\cdot A\cdot\left[p(\bar{g})-p(g_0)\right],$$

$$A=\frac{1}{\sigma_{R_0}}\cdot\sqrt{\frac{\lambda}{R_0^3\cdot\kappa(1-\kappa)}}=\frac{1}{9{,}36\cdot10^{-8}}\sqrt{\frac{0{,}043}{(44\cdot10^3)^3\cdot0{,}44\cdot(1-0{,}44)}}=0{,}48$$

$$\psi=2{,}31\cdot0{,}48\cdot\left[1{,}9-(-0{,}81)\right]=3{,}02$$

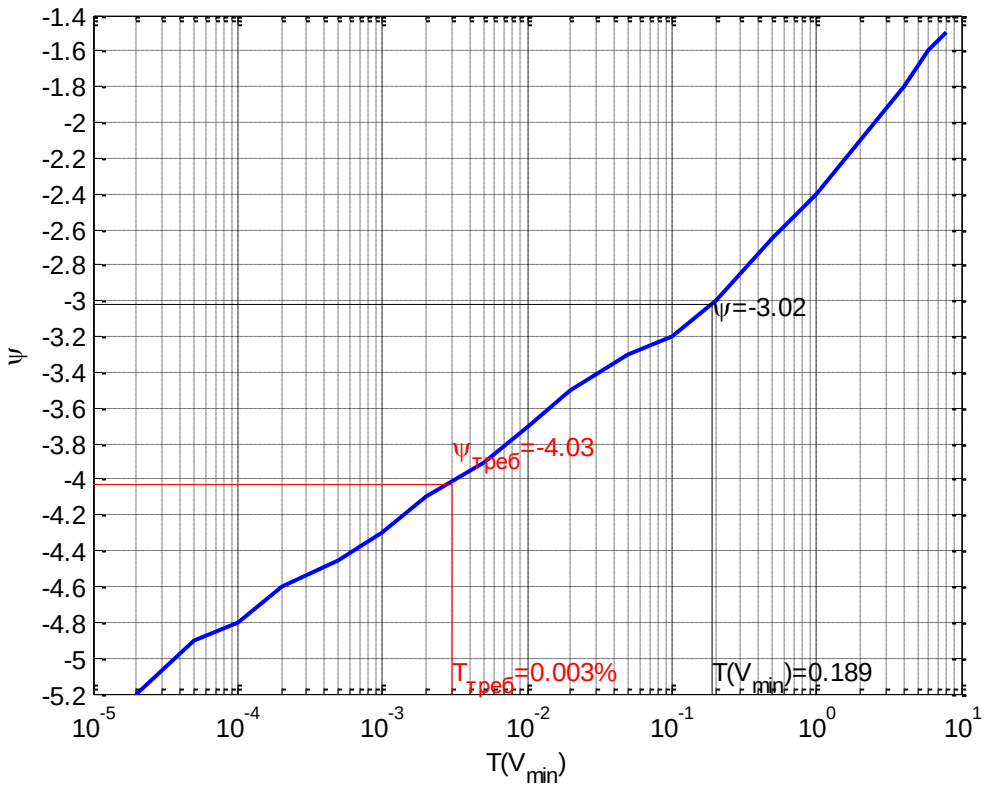

Рисунок 9 – Определение величины $T(V_{min})$ по параметру ψ

$T(V_{min})$ =0,189 % => $T(V_{min})>T(V_{min})_{пор}$

Следовательно, необходима оптимизация высот антенных опор.

$\psi_{пор}= \psi_{треб}$=4,03;

$$\psi = 2.31 \cdot A \cdot \left[p(\bar{g}) - p(g_0) \right] \Rightarrow p(\bar{g}) = \frac{\psi}{2.31 \cdot A} + p(g_0)$$

$$p_{треб}(\bar{g}) = \frac{\psi_{треб}}{2,31 \cdot A} + p(g_0) = \frac{4,03}{2,31 \cdot 0,48} - 0,81 = 2,8$$

$$P(\bar{g}) = \frac{H(\bar{g})}{H_0} \Rightarrow H(\bar{g}) = P(\bar{g}) \cdot H_0$$

$$H_{треб}(\bar{g}) = P_{треб}(\bar{g}) \cdot H_0 = 2,8 \cdot 12,45 = 34,9 (м)$$

$$H_{треб}(\bar{g}) - H(\bar{g}) = 34,9 - 23,6 = 11,3 (м)$$

$$h_{1опт} = h_1 + H_{треб}(\bar{g}) - H(\bar{g}) = 112,7 + 34,9 - 23,6 = 124 (м)$$

$$h_{2опт} = h_2 + H_{треб}(\bar{g}) - H(\bar{g}) = 102,7 + 34,9 - 23,6 = 114 (м)$$

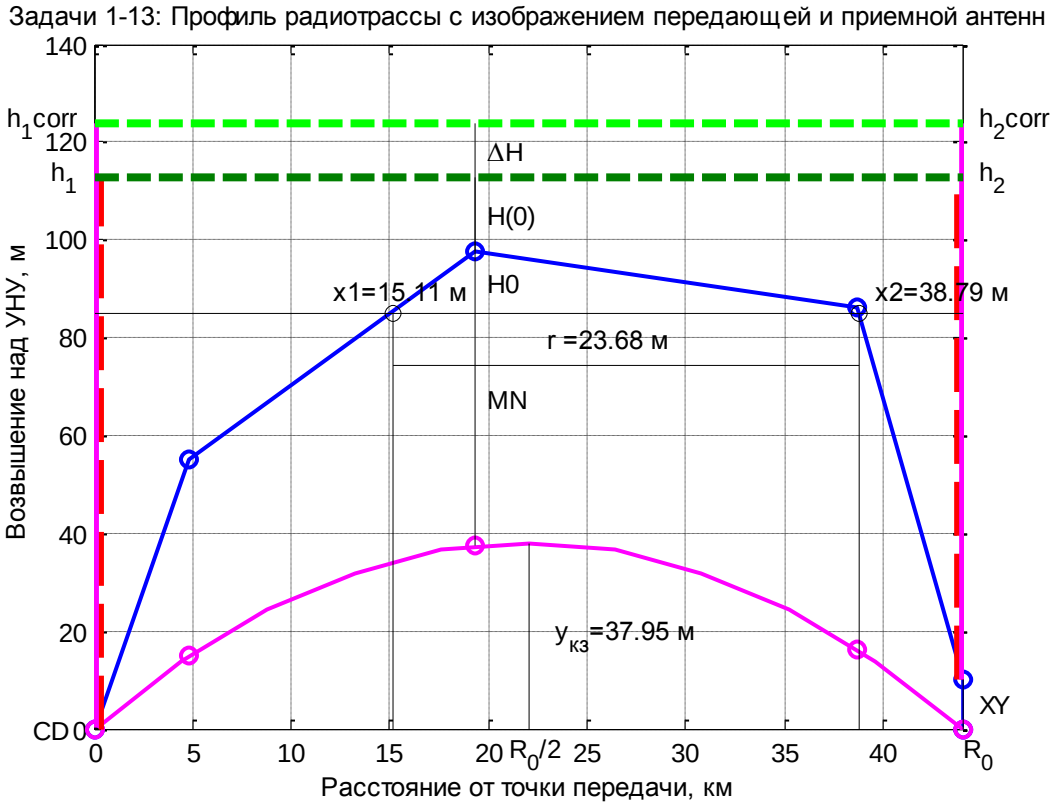

Рисунок 10 – Профиль радиотрассы после оптимизации высот антенных опор

Ответ: рассчитанные значения: $\psi = 3{,}02, A = 0.48, T(V_{min}) = 0{,}189\%$, при таких параметрах величина $T(V_{min})$ не соответствует установленным нормам; для обеспечения выполнения норм потребовалось увеличение высот антенн на 11,3 м, таким образом, оптимизированные высоты антенных опор: $h_{1опт} = 124$ м, $h_{2опт} = 114$ м.

Задача 14

Произвести проверку норм на неготовность.

Методика решения

Характеристики неготовности для ГЭЦТ (гипотетический эталонный цифровой тракт) установлены в рекомендации 557МСЭ-Р.

ГЦЭТ считается неготовой, если в течение 10 последовательных секунд возникли следующие условия или одно из них:

- передача цифрового сигнала прервана;
- в каждой секунде BER хуже 10^{-3}.

Неготовность аппаратуры уплотнения исключается. Характеристики неготовности делятся на неготовность оборудования и неготовность, вызванную условиями распространения радиоволн, например, величина неготовности, вызванной дождем, составляет 30-50%.

Характеристики готовности ГЭЦТ протяженностью 2500 км определяются величиной 99,7%, причем эти проценты определяются в

течение достаточно большого интервала времени. Этот интервал должен составлять более года, характеристики неготовности определяются, таким образом, величиной 0,3%.

Норма на неготовность

$$UR_{ДОП} = \frac{0,3 \cdot R_0}{2500}, \qquad (1.28)$$

где R_0 – длина пролета, км,

2500 – длина эталонной гипотетической линии, км.

Должно выполняться условие

$$UR_{ДОП} > T(V_{min}) + T_g, \qquad (1.29)$$

Если норма на неготовность не выполняется, то вычисляем:

$T_{пор}(V_{min}) = UR_{ДОП} - T_g$ и принимаем $T_{треб}(V_{min}) = 0.9 \cdot T_{пор}(V_{min})$ и далее корректируем высоты антенных опор в соответствии с методикой, описанной в задаче 13, и приводим чертеж профиля с изображением антенн со скорректированными высотами.

Задача 15

Рассчитать время ухудшения радиосвязи из-за многолучевого распространения.

Методика решения

При моделировании радиолиний протяженностью более чем несколько километров должны учитываться четыре механизма замирания в чистой атмосфере, обусловленные чрезвычайно преломляющими слоями:

а) расширение луча (в англоязычной технической литературе это явление называется расфокусировкой луча);

б) развязка в антенне;

в) поверхностное многолучевое распространение;

г) атмосферное многолучевое распространение.

Большинство этих механизмов возникают сами по себе или в комбинации с другими механизмами. Сильные частотно-избирательные затухания возникают, когда расфокусировка прямого луча сочетается с отражением сигнала от поверхности, что вызывает замирание вследствие многолучевого распространения. Мерцающие замирания, вызванные небольшими турбулентными возмущениями в атмосфере, всегда имеют место при этих механизмах, но на частотах ниже 400 ГГц их влияние на общее распределение замираний не существенно. На больших глубинах замирания процент времени $T_{инт}$, в течение которого в узкополосных системах не превышается уровень

принимаемого сигнала в средний худший месяц, может быть определен с помощью следующего приближенного асимптотического выражения:

$$T_{ИНТ} = K \cdot Q \cdot f^{B} \cdot d^{C} \cdot 10^{-Az/10}, \%, \qquad (1.30)$$

где – $Az=F_t$ – запас на замирание, дБ;
d – длина пролета, км;
f – частота, ГГц;
K – коэффициент, учитывающий влияние климата и рельефа местности;
Q – коэффициент, учитывающий другие параметры трассы;
B, C – коэффициент, учитывающий региональные эффекты:
B = 0,89; C = 3,6.

$$K = P_L^{1.5} \cdot 10^{-6.5}, \qquad (1.31)$$

где P_L=5%=0.05 - процент времени с вертикальным градиентом рефракции.

Коэффициент, учитывающий другие параметры трассы:

$$Q = (1 + |E_P|)^{-1.4}, \qquad (1.32)$$

где $|E_P| = \frac{h_1 - h_2}{d}$ - наклон радиотрассы, мрад;

здесь h_1, h_2 – м; d – км.

Пример решения и оформления см. задачи 1-5 и др.

Задача 16

По полученным результатам задачи 15 произвести проверку норм на допустимое время ухудшения связи из-за многолучевого распространения радиоволн.

Методика решения

Норма на допустимое время ухудшения связи для высшего качества связи

$$SES = \frac{0,054 \cdot R_0}{2500}, \qquad (1.33)$$

где R_0 – длина пролета, км;
2500 – длина эталонной гипотетической линии.
Должно выполняться условие

$$SES > T_{ИНТ}. \qquad (1.34)$$

Пример решения см. задачи 1-5. В ответе обязательно сделать вывод о соответствии нормам на допустимое время ухудшения связи в силу многолучевого распростраения.