

ЗАДАНИЕ
НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ ПО МОДУЛЮ
«БЕСПРОВОДНЫЕ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ»
БЛОК " ЦИФРОВЫЕ РАДИОРЕЛЕЙНЫЕ ЛИНИИ "

ЦЕЛЬ: построить профиль пролёта, определить минимальную высоту подвеса антенн, при которой не будет происходить экранирование зоны Френеля препятствием, определить диаметр антенны, при котором будет достаточный запас на замирания сигнала.

ЭТАПЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ:

1. Построение профиля пролёта с учётом условного нулевого уровня
2. Определение минимального радиуса зоны Френеля для заданного пролёта и вида оборудования радиорелейной системы и определение высот подвеса антенны
3. Определение среднего уровня сигнала на входе приёмника.
4. Вычисление запаса на замирания сигнала. Выводы.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:

В таблице 1 приведены высотные отметки точек профиля пролёта, выраженные в относительных единицах.

Таблица 1 - Высотные отметки точек профиля пролёта $y_2 (K_i)$

Регистрационный номер студента	Относительная координата $K_i = R_i/R_0$										
1	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
2	80	69	70	74	79	76	66	63	76	89	90
3	86	70	72	71	70	66	69	57	68	83	98
4	66	57	68	68	66	65	61	55	61	77	70
5	67	60	70	75	73	73	71	66	76	70	88
6	73	54	56	61	59	60	57	53	63	63	83
7	59	53	55	55	55	56	57	52	57	67	78
8	73	53	43	47	50	50	52	55	52	51	73
9	76	54	68	64	56	47	51	51	47	47	68
10	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73
11	78	54	36	23	24	32	37	42	46	39	58
12	74	55	79	83	81	79	68	54	58	77	95
13	74	52	70	79	78	77	73	60	53	69	90
14	74	50	61	74	74	74	74	65	52	61	85
15	74	50	50	66	70	70	71	68	54	54	80

В таблице 2 приведены параметры радиорелейного оборудования для энергетического расчёта.

Таблица 2 – Радиорелейное оборудование

Параметр	Регистрационный номер студента									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Тип радиорелейного оборудования	QTECH QXR-400									
Диапазон частот, ГГц	6	7	8	11	13	15	18	23	26	28
Модуляция/кодирование	QPSK 3/4	QPSK 5/6	QPSK 7/8	QPSK 10/11	8PSK 3/4	8PSK 5/6	16QAM 3/4	64QAM 7/8	128QAM 6/7	256QAM 10/11
Длина пролёта R_0 , км	45	43	40	34	30	28	25	18	16	13
Диаметр приёмопередающей антенны, м	1,2	1,2	1,2	0,9	0,9	0,9	0,6	0,6	0,6	0,6

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ:

1 ЭТАП Построение профиля пролёта

Построение профиля пролёта можно выполнять как вручную, на листе миллиметровой бумаги, так и в электронном виде с использованием любых графических редакторов. Выберите масштаб: по горизонтали – длина пролёта в км, по вертикали – высота в метрах.

Рассчитайте и постройте линию условного нулевого уровня $y_1 = f(K_i)$, которая показывают естественную кривизну земной поверхности. Обратите внимание, что даже при абсолютно плоском пролёте линия условного нулевого уровня может представлять собой препятствие.

$$y_1(K_i) = \frac{R_0^2}{2R_z} \cdot K_i(1 - K_i) \quad (1)$$

где R_0 – длина пролета, км,

R_z – геометрический радиус земли (6370 км),

K_i – текущая относительная координата заданной точки

$$K_i = \frac{R_i}{R_0} \quad (2)$$

R_i – расстояние до расчётной точки (всего нужно просчитать 10 значений от 0 до 1,0)

Профиль интервала получают, прибавляя к высоте условного нулевого уровня высотные отметки $y_2(K_i)$ из таблицы 2 в соответствии с заданием. Профиль пролёта $y = y_1 + y_2$ изображают на чертеже, применяя стандартные масштабы (для расстояний М 1:100000, для высот М 1:1000) и соединяя высотные отметки прямыми линиями. При построении профиля пролёта удобно сводить результаты промежуточных расчетов в следующую таблицу 3.

Таблица 3 – Вычисления для построения профиля пролёта.

K _i	0.0	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
R _i , км	0.0	Вычисляются пропорционально своему значению R ₀								R ₀
y ₁ (K _i), м	Результаты расчёта по формуле (1)									
y ₂ (K _i), м	Значения в соответствии с заданием из таблицы 1									
y=y ₁ (K _i)+y ₂ (K _i)	Сумма значений y ₁ (K _i) и y ₂ (K _i)									

По полученным значениям строится профиль пролёта.

С использованием полученного профиля пролёта визуально определяется наивысшая точка профиля и её относительная координата K .

2 ЭТАП Определение высот подвеса антенн.

При организации радиорелейного канала одним из логичных требований к пролёту РРЛ является наличие прямой видимости между приёмо-передающими антеннами. В лучшем случае организуется открытый пролёт, при котором зона Френеля не экранируется препятствием. Таким образом, можно сказать, что минимальный просвет, при котором зона Френеля не экранируется земной поверхностью, равен половине малой полуоси эллипса, который и представляет собой зона Френеля. Пояснение дано на рисунке 1.

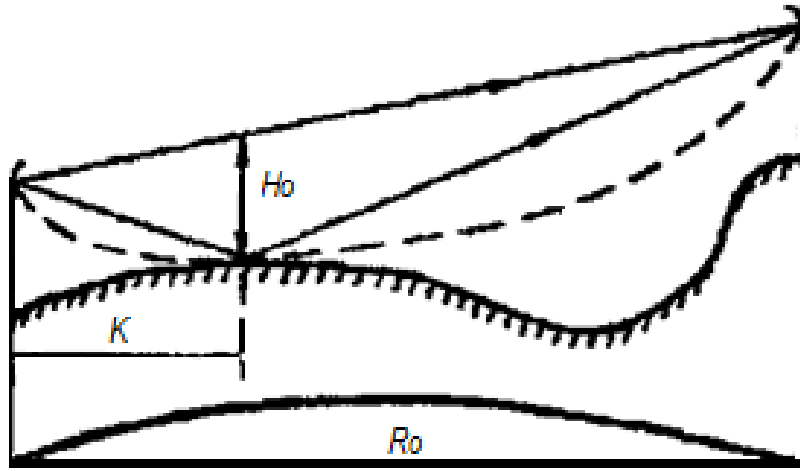


Рисунок 1 – Пояснение критического просвета

H_0 - критический просвет, определяемый как:

$$H_0 = \sqrt{\frac{1}{3} R_0 \lambda K (1 - K)} \quad (3)$$

где R_0 - длина пролета (согласно таблице 2),

λ - рабочая длина волны ($\lambda = c/f$),

c - скорость света, $3 \cdot 10^8$ м/с

K – относительная координата наивысшей точки профиля, определённая из предыдущего построения.

Далее, на профиле пролёта с учётом масштаба по вертикали определите высоты подвеса антенн, при которых зона Френеля не будет экранироваться препятствием, то есть линия прямой видимости будет проходить на высоте H_0 от наивысшей точки профиля (как на рисунке 1).

3 ЭТАП. Определение среднего значения мощности сигнала на входе приёмника.

Для этого нужно воспользоваться уравнением радиосвязи

$$P_{с.вх} = \frac{P_{пд} G_{пд} G_{пм} \eta_{пд} \eta_{пм}}{A_{св}} V^2, \quad (4)$$

где

$P_{пд}$ - мощность радиопередатчика, Вт

$\eta_{пм}$ - КПД фидера, включенного между приемной антенной и приемником, ед;

$\eta_{пд}$ - КПД фидера, включенного между передающей антенной и передатчиком, ед;

$G_{пм}$ - коэффициент усиления приемной антенны, ед;

$G_{пд}$ - коэффициент усиления передающей антенны, ед;

V - множитель ослабления поля свободного пространства, ед;

$A_{св}$ - ослабление сигнала в свободном пространстве, определяемое по формуле:

$$A_{св} = \left(\frac{4\pi R}{\lambda} \right)^2. \quad (5)$$

Все значения нужно подставлять в формулу в единицах или в Ваттах (!). Определим все параметры, входящие в формулу (4).

1. Мощность радиопередающего устройства можно определить из технических параметров оборудования для заданного диапазона частот и метода модуляции и кодирования (смотрите таблицу 1.8.1 в [1]).

2. КПД фидера, включенного между антенной и приемопередатчиком принять равным 0,95. Как говорилось в учебном пособии, в современных РРСП антенны располагаются рядом с ППУ, поэтому потери на стыке минимальны.
3. $G_{\text{ПМ}} = G_{\text{ПД}}$ Коэффициенты усиления антенн можно рассчитать для известных значений длины волны и диаметра антенны по формуле (6):

$$G = K_{\text{исп}} \frac{4\pi S}{\lambda^2} \quad (6)$$

где S – площадь раскрытия антенны, м^2

λ – длина волны, м.

$K_{\text{исп}}$ – коэффициент использования поверхности раскрытия (апертуры) антенны. В расчетах принять $K_1 = 0,6$

4. Для оценки среднего значения уровня сигнала на входе приемника целесообразно использовать значение $V_{50\%} = 1$, наблюдаемое в 50% времени

Зная все значения, формулы (4) можно определить искомое значение.

4 ЭТАП. Вычисление запаса на замирания сигнала

Чувствительность радиоприёмного устройства можно определить из технических параметров оборудования для заданного диапазона частот и метода модуляции и кодирования (смотрите таблицу 1.8.1 в [1]).

Далее, запас на замирания определяется как разница между средним и минимальным значениями уровня сигнала на входе приёмника:

$$10\lg \frac{\bar{P}_{\text{ПР}}}{P_{\text{ПР.ПОР}}} = -V_3. \quad (7)$$

Если на проектируемом пролёте запас на замирания сигнала составляет от минус 20 до минус 35 дБ, то можно считать, что устойчивость связи будет обеспечена. Слишком большой запас на замирания нецелесообразен с экономической точки зрения.

Если Ваши расчёты показали, что запас на замирания не укладывается в рекомендованные нормы, дайте рекомендации по увеличению или уменьшению запаса на замирание.

Литература:

1. МУЛЬТИСЕРВИСНАЯ РАДИОРЕЛЕЙНАЯ СИСТЕМА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ QTECH QXR – 400
<http://www.qtech.ru/files/manuals/QXR-400.pdf>