

**РАСЧЕТ КРИВОЙ НАЗЕМНОГО ЗАТУХАНИЯ НАПРЯЖЕННОСТИ ПОЛЯ
РАДИОВОЛНЫ МЕЖДУ ДВУМЯ РАДИОСТАНЦИЯМИ****Габдуллин Рустем Бахытович****CALCULATION OF THE GROUND ATTENUATION CURVE OF THE RADIO WAVE FIELD
STRENGTH BETWEEN TWO RADIO STATIONS*****Rustem Gabdullin****Student of Omsk state technical University, Russia, Omsk*

Аннотация. Немаловажную роль в системе связи играет расчет кривой наземного затухания напряженности поля радиоволны. Благодаря данному расчету можно определить, в пределах какого расстояния будет присутствовать уверенная связь между радиостанциями. В данной статье рассмотрен порядок расчета ряда параметров: напряженности поля в месте расположения приёмной антенны, приведенных с учётом сферичности Земли, высот антенн и т.д. Итогом работы является определение зоны уверенной связи между радиостанциями.

Abstract. An important role in the communication system is played by the calculation of the ground attenuation curve of the radio wave field strength. Thanks to this calculation, you can determine within what distance there will be a confident connection between radio stations. This article describes the procedure for calculating a number of parameters: the field strength at the location of the receiving antenna, given taking into account the sphericity of the Earth, the heights of the antennas, etc. The result of the work is to determine the zone of confident communication between radio stations.

Ключевые слова: напряженность, высота антенны, мощность, расчет, частота, антенна.

Keywords: voltage, antenna height, power, calculation, frequency, antenna.

Для выполнения данной работы примем следующие параметры:

- значение рабочей частоты возбуждителя $f_{\text{раб}} = 151,725$ МГц;
- выходная мощность передатчика (на нагрузке 50 Ом) $P_{\text{вых}} = 11,1$ Вт;
- чувствительность приемного устройства (при отношении «сигнал/шум», равном 12 дБ, и входном сопротивлении приемника 50 Ом) $U_{\text{вх min}} = 0,77$ мкВ;
- высота подвеса антенны $H_1 = 18$ м;
- высота подвеса антенны $H_2 = 22$ м;

- длина коаксиального кабеля, соединяющего приёмопередатчик и антенну $l_k = 15$ м;

- погонное затухание коаксиального кабеля, соединяющего приёмопередатчик и антенну $\alpha_k = 0,17$ дБ/м.

Для начала производится расчет напряженности поля в месте расположения приёмной антенны по квадратичной формуле (формула Б.А. Введенского) [1]:

$$E = \frac{4\pi \cdot \sqrt{60 \cdot P_{\Sigma} \cdot G_a} \cdot H_1^* \cdot H_2^*}{\lambda \cdot r_0^2}, \quad (1)$$

где P_{Σ} - мощность, излучаемая антенной; G_a - коэффициент усиления простейшей стационарной антенны - полуволнового вибратора ($G_a = 1,62$); H_1^* - приведенная с учётом сферичности Земли высота 1-ой антенны; H_2^* - приведенная с учётом сферичности Земли высота 2-ой антенны.

Имеем также формулы:

$$H_1^* = H_1 - \frac{H_1 \cdot r_0^2}{2 \cdot R_3^* \cdot (\sqrt{H_1} + \sqrt{H_2})^2}; \quad (2)$$

$$H_2^* = H_2 - \frac{H_2 \cdot r_0^2}{2 \cdot R_3^* \cdot (\sqrt{H_1} + \sqrt{H_2})^2}; \quad (3)$$

где $R_3^* \approx 8500$ км - приведенный радиус Земли с учетом нормальной тропосферной рефракции радиоволн в приземном слое атмосферы [2].

Формула (1) применяется при расчете напряженности поля для ровной сферической земной поверхности, когда расстояние между абонентами $r_0 > 1$ км.

Теперь вычислим напряжение на входе кабеля, соединяющего антенну и приемник радиостанции, по формуле:

$$U_{\text{ex}}^* = \frac{h_d \cdot E}{2} = \frac{\lambda \cdot E}{2\pi}; \quad (4)$$

где $h_d = e / E = 2 \cdot U_{\text{ex}}^* / E = \lambda / \pi$ - действующая высота четвертьволнового вибратора; e - ЭДС, наведенная в антенне полем радиоволны.

Далее определяется напряжение на входе приемника радиостанции при длине кабеля l_k по формуле [3]:

$$U_{\text{ex}} = k \cdot U_{\text{ex}}^*$$

(5)

где k - коэффициент затухания напряжения в кабеле l_k .

Коэффициент затухания напряжения в кабеле l_k определяется следующим образом:

$$k = \frac{1}{10^{\frac{\alpha^* l_k}{20}}}$$

(6)

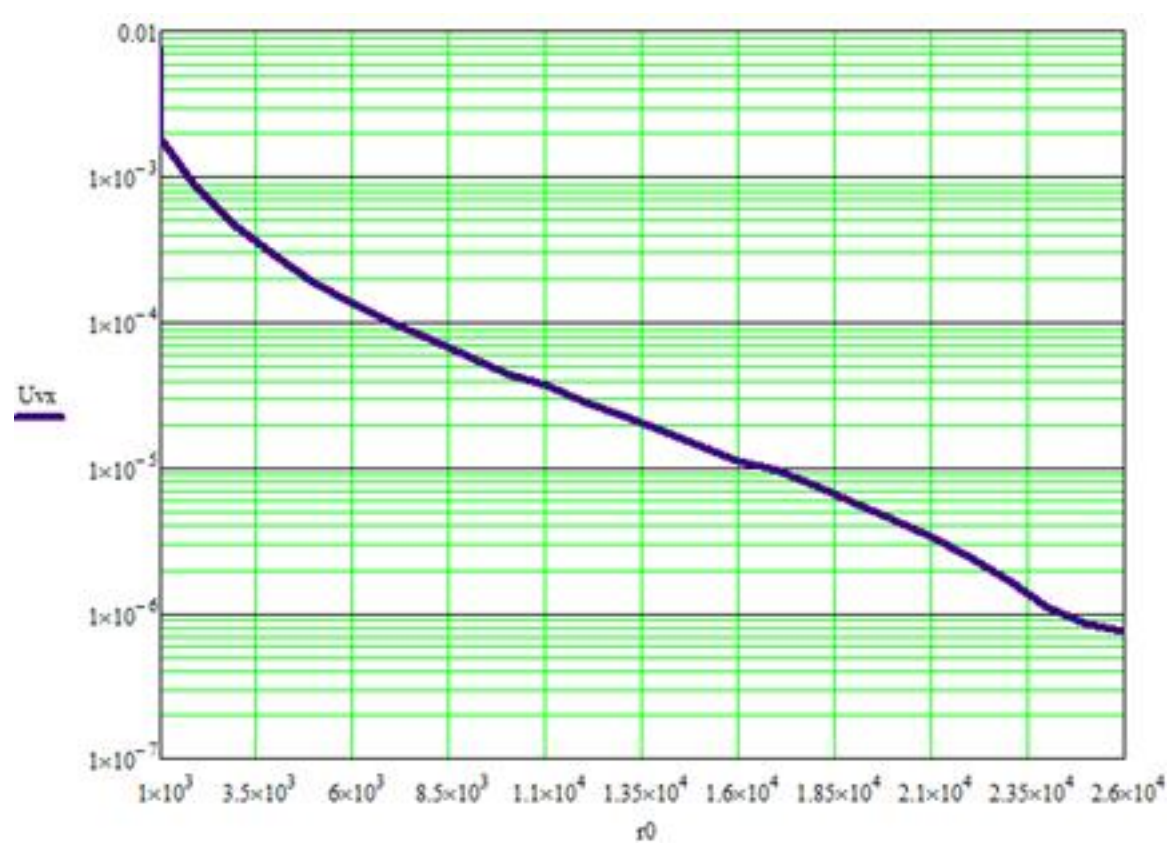


Рисунок 1. Кривая затухания линии связи

Таблица 1.

Расчетные данные по затуханию радиоволны в точке приёма

Г ₀ , км	<i>H</i> ₁ [*] , м	<i>H</i> ₂ [*] , м	Е, мкВ/м	<i>U</i> _{ex} [*] , мкВ	U _{вх}
1	17,99	21,98	72980,81	22,929,12	162
2	17,98	21,93	18245,34	5732,16	421
3	17,86	20,85	8108,57	2702,23	199
4	17,84	19,74	4561,27	1452,63	103
5	17,82	19,59	2,919,93	955,27	703
6	17,65	18,41	2027,40	686,63	503
7	17,22	17,20	1489,07	575,18	421

8	16,95	16,95	1140,76	416,91	303,7
9	16,67	16,67	900,45	297,28	214,7
10	15,36	14,36	729,73	274,75	199,7
11	14,02	13,02	503,71	158,19	111,7
12	13,83	12,83	406,77	131,52	92,7
13	13,23	12,23	331,26	108,07	76,7
14	12,79	10,79	272,61	87,54	64,7
15	11,31	10,31	224,86	72,57	53,7
16	10,80	9,80	185,85	61,79	45,7
17	10,26	9,26	152,73	47,93	34,7
18	9,69	8,69	125,92	21,80	15,7
19	9,08	8,08	92,95	15,26	11,7
20	8,44	7,44	72,48	12,21	8,7
21	7,77	6,77	65,26	9,54	6,3
22	7,07	6,07	22,07	7,21	5,1
23	6,33	5,33	10,75	3,15	2,2
24	5,56	4,56	6,19	1,33	0,9

Приведем контрольный пример расчета при $r_0 = 4$ км:

$$H_1^* = 18 - \frac{18 \cdot 4^2}{2 \cdot 8500 \cdot (\sqrt{18} + \sqrt{22})^2} = 17,84 \text{ м}$$

$$H_2^* = 22 - \frac{22 \cdot 4^2}{2 \cdot R_3^* \cdot (\sqrt{18} + \sqrt{22})^2} = 19,84 \text{ м}$$

$$E = \frac{4\pi \cdot \sqrt{60 \cdot 111 \cdot 1,6} \cdot 17,84 \cdot 19,84}{1,97 \cdot 16} = 4561,27 \text{ мкВ / м}$$

$$U_{\text{ex}}^* = \frac{1,97 \cdot 4561,27}{2\pi} = 1452,63 \text{ мкВ}$$

$$k = \frac{1}{\frac{15^{*0,17}}{10^{\frac{20}{20}}}} = 0,74$$

$$U_{\text{ex}} = 0,74 \cdot 1452,63 = 1074,48 \text{ мкВ}$$

Полученные расчетные данные занесены в таблицу 1. Расчёты проводится до тех пор, пока $U_{\text{вх}}$ не достигнет значения $U_{\text{вх.min}}$.

Итак, расчетную работу можно считать выполненной. При заданных условиях на расстоянии 24 км возможна уверенная связь, так как $U_{\text{вх}}$ не превышает порогового значения $U_{\text{вх.min}}$.

Список литературы:

1. Бородич С.В. Справочник по радиорелейной связи / Бородич С.В. [и др.]; под ред. Бородича С.В. - М.: Радио и связь, 1981. - 416 с.
2. Волков, Е. А. Методики расчетов военных радиорелейных и тропо-сферных линий связи с аналоговыми и цифровыми сигналами при планировании их развертывания / Е. А. Волков, В. В. Куликов, О. Н. Бурьянов. - Санкт-Петербург: ВОЛКАС, 1993. - 194 с.
3. Калинин А. И. Распространение радиоволн на трассах наземных и космических радиолиний / А. И. Калинин - Москва: Связь, 1979. - 269 с.