

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ ИОНОСФЕРЫ НА ОБНАРУЖЕНИЕ ДЕКАМЕТРОВЫХ РАДИОЛИНИЙ

О.Г. Пикалов, Д.Ю. Мишин  
(представил д.т.н., проф. В.И. Долгов)

Разработана методика расчета вероятности правильного обнаружения радиоизлучения декаметровых радиолоний с учетом рассеивающих свойств ионосферы.

В настоящее время основными путями снижения электромагнитной доступности источника радиоизлучения считается работа на пониженных (минимально необходимых) мощностях передатчика и использование антенн с высокими направленными свойствами [1]. Однако, снижение мощности передатчика снижает качество самой связи. Разрешение этого противоречия может быть достигнуто учетом рассеивающих свойств ионосферы, который отсутствует в существующем научно – методическом аппарате.

Вероятность правильного обнаружения источника радиоизлучения [2]:

$$P_{п.обн.} = 1 - P_{пр}, \quad (1)$$

где  $P_{п.обн.}$  и  $P_{пр}$  - вероятности правильного обнаружения и пропуска сигнала.

Рассмотрим интегральную функцию вида [3]:

$$P_{пр.} = F(A, B, C, D), \quad (2)$$

где  $A, B, C, D$  – параметры функции обобщенного гауссовского распределения:

$$A = \sqrt{\frac{2 \ln 1/P_{лт}}{2 \bar{h}^2}}; \quad B = \frac{1 + \frac{2 \bar{h}^2 p^2}{(1+p^2) \cdot (1+q^2)}}{1 + \frac{2 \bar{h}^2}{(1+p^2) \cdot (1+q^2)}}; \quad C^2 = \frac{\bar{h}^2 q^2}{1+q^2 + \bar{h}^2}; \quad D = \varphi_p. \quad (3)$$

В (3)  $p^2 = \sigma_x^2 / \sigma_y^2$  - коэффициент, характеризующий асимметрию по дисперсиям

квадратурных составляющих;  $q^2 = \frac{m_x^2 + m_y^2}{\sigma_x^2 + \sigma_y^2} = \alpha_p^2 / 2\sigma_d^2$  - коэффициент

глубины общих замираний;  $\bar{h}^2 = \frac{\bar{E}_c}{N_0} (m_x^2 + m_y^2 + \sigma_x^2 + \sigma_y^2)$  - отношение сиг-

нал/шум;  $\varphi_p = \arctg m_x^2/m_y^2$  – фазовый угол регулярной составляющей.

В существующих методиках оценки скрытности РЭС декаметрового диапазона [2,3] максимально глубоким замираниями считаются рэлеевские ( $\alpha_p^2 = 0, q^2 = 0$ ), при  $P_{п.обн}$  описывается через  $Q$  - функцию Маркума [2,3]:

$$P_{п.обн} = Q(0, d_{1п}) = \exp\left[-E_{пор}/(N_0 + \bar{E}_c)\right] = P_{лт}^{1/(1+\Delta)}, \quad (4)$$

где  $\Delta = \bar{E}_c/N_0$ ;  $E_c$  - средняя энергия принимаемого сигнала;  $N_0$  - спектральная плотность гауссовского шума;  $E_{пор} = \sigma_0 \sqrt{2\ln(1/P_{лт})}$  - напряжение оптимального порога, определяемое заданной вероятностью ложной тревоги  $P_{лт}$ .

Согласно экспериментальных данных по исследованию глубины замираний [1,3] в однолучевых декаметровых каналах связи за счет диффузной многолучевости и эффектов фокусировки до 20% от общего времени связи наблюдаются замирания глубже рэлеевских (райсовских), описываемые законами распределения Хойта и односторонне - нормальным.

Таким образом, необходимо разработать новую методику вычисления вероятности правильного обнаружения сигналов декаметровой радиолоний, которая бы учитывала влияние глубоких быстрых замираний (глубже рэлеевских), которая позволила бы получить объективное значение  $P_{п.обн}$  при реальном состоянии ионосферы. Для глубоких замираний, описываемых законом распределения Хойта с параметрами распределения

$$p^2 = \sigma_x^2/\sigma_y^2; q^2=0; \bar{h}^2 = \frac{\bar{E}_c}{N_0} (\sigma_x^2 + \sigma_y^2); \varphi_p = \arctg 0 = 0,$$

вероятность правильного обнаружения вычисляется как

$$P_{п.обн} = 1 - F \left[ \frac{\sqrt{\frac{2\ln 1/P_{лт}}{1 + \frac{2\bar{h}^2}{(1+p^2)}}}; \frac{1 + \frac{2\bar{h}^2 p^2}{(1+p^2)}}{1 + \frac{2\bar{h}^2}{(1+p^2)}} \right]. \quad (5)$$

Вероятность правильного обнаружения сигналов с глубокими замираниями, описываемыми односторонне – нормальным законом получается аналогичным образом:

$$P_{п.обн} = 1 - F \left[ \sqrt{\frac{2\ln 1/P_{лт}}{1 + 2\bar{h}^2}}; \frac{1}{1 + 2\bar{h}^2} \right]. \quad (6)$$

В соответствии с формулами 4 - 6 построены графики зависимости  $P_{п.обн}$  от  $\bar{E}_{ci}/N_0$  при  $P_{лт}=10^{-3}$  для некогерентного обнаружителя (рис.1). Из них видно, что при фиксированном значении  $E/N_0$  за счет диффузной многолучевости и эффекта фокусировок в ОДКМ КС возникают более

глубокие замирания, описываемые законами распределения Хойта и односторонне - нормальным, для которых вероятности правильного обнаружения РЭС будут ниже (кривые 2,3), чем при наличии рэлеевских замираний (кривая 1), а для достижения значения  $P_{п.обн} = 0,7 - 0,99$ , необходимо проведение большего количества циклов разведки.

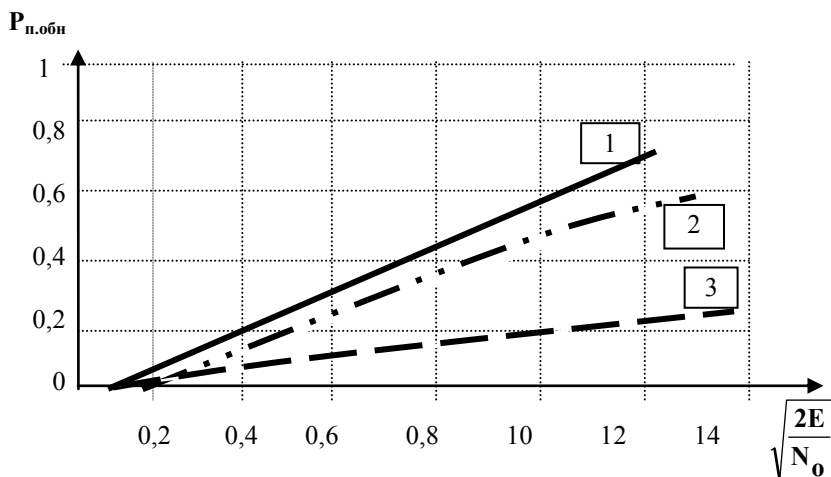


Рис.1. Характеристики обнаружения ДКМ радиолиний при наличии в каналах связи глубоких замираний, описываемых законами распределения Рэля (1), Хойта (2) и односторонне – нормальным (3) при значении  $P_{лт} = 10^{-3}$

Таким образом, используя полученную методику расчета вероятности правильного обнаружения источников радиоионизации в декаметровом диапазоне волн с учетом рассеивающих свойств ионосферы можно повысить объективность оценки количественных показателей скрытности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Черный Ф.Б. Распространение радиоволн. – М.: Сов. радио, 1972. – 464 с.
2. Теоретические основы радиолокации / Под ред. В.Е. Дуленича. – М.: Сов. радио, 1978. – 608 с.
3. Кловский Д.Д., Соффер В.А. Обработка пространственно - временных сигналов. – М.: Связь, 1976. – 208 с.

Поступила в редакцию 10.01.2001