

# УТОЧНЕННАЯ МЕТОДИКА РАСЧЕТА ДАЛЬНОСТИ ДЕЙСТВИЯ РЛС КВАЗИНЕПРЕРЫВНОГО (НЕПРЕРЫВНОГО) ИЗЛУЧЕНИЯ НА ФОНЕ МЕШАЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ И ОТРАЖЕНИЙ С УЧЕТОМ ЗАТУХАНИЙ В АТМОСФЕРЕ И ГИДРОМЕТЕОРАХ

И. В. Чигирь, Н. К. Кузьмичев  
Кафедра радиолокации и приемо-передающих устройств,  
УО «Военная академия Республики Беларусь»  
Минск, Республика Беларусь  
E-mail: chigirivan@gmail.com, chigir@bsuir.by

Представлена методика расчета дальности действия квазинепрерывных и непрерывных РЛС сантиметрового - миллиметрового диапазонов длин волн по маловысотным объектам на фоне совокупности маскирующих помех, с учетом затухания радиоволн в атмосфере без учета кривизны Земли и тропосферной рефракции. Рассмотрено уточненное трансцендентное уравнение дальности для маловысотных объектов на фоне совокупности помех. Приведены методики расчета мощности пассивных помех от подстилающей поверхности и гидрометеоров; методики определения дальности действия при наличии гидрометеоров.

## ВВЕДЕНИЕ

Дальность действия – важная характеристика РЛС, зависящая от их предназначения и технических параметров [1]. Рассчитать дальность действия РЛС возможно по методике Охрименко [3], трехшаговой итеративной методике Л. Блэйка [4], с учетом ее модификации Бартоном [5]. Третьим вариантом решения уравнения дальности при наличии всех видов помех является графо-аналитическая методика, предложенная Бартоном в работах [5,6]. В [2] предложена уточненная методика расчета дальности действия РЛС на фоне маскирующих помех импульсными РЛС. Целями данной работы являются: 1) Описание методики составления трансцендентного уравнения дальности действия РЛС квазинепрерывного (непрерывного) излучения на фоне совокупности маскирующих пассивных и активных помех с учетом рефракции и ослабления сигнала в атмосфере для его решения одним из численных методов. 2) Сопоставление предлагаемой методики с методикой Бартона [6].

## I. ОБОБЩЕННОЕ УРАВНЕНИЕ ДАЛЬНОСТИ ДЕЙСТВИЯ РЛС

Учитывая особенности расчета спектральной плотности мощности МО и МИ для РЛС квазинепрерывного (непрерывного) излучения [1,3,6], получено выражение, представленное в докладе. Оно позволяет рассчитать дальность действия РЛС по маловысотным целям, наблюдаемым в области нижней кромки ДНА, на фоне активных и пассивных помех, а также с учетом затухания сигнала в атмосфере. Формула для расчета дальности действия импульсных РЛС, представленное в [2] является частным случаем полученного выражения.

## II. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Проведен расчет дальности действия РЛС со следующими исходными данными:  $\lambda = 3$  мм,  $P_0 = 95$  Вт,  $N_0 = 1,37 \cdot 10^{-19}$  Вт/Гц,  $\nu_{IS} = 10$  дБ,  $\nu_{IV} = 10$  дБ,  $\nu_{II} = 333$ , используется квазинепрерывная последовательность радиоимпульсов с  $T_0 = 1$  мкс,  $T_{II} = 3$  мкс, шириной спектра  $\Delta f_0 = 1$  МГц, эффективная отражающая поверхность цели  $\sigma_{ц} = 3$  м<sup>2</sup>,  $D = 0,5$ ,  $F = 8 \cdot 10^{-6}$ ; ширина диаграммы направленности приемной (передающей) антенн в азимутальной и угломестной плоскостях  $\beta = 3$  град,  $\varepsilon = 3$  град соответственно. Температура окружающей среды  $20^\circ$  С. Подстилающая поверхность – дуг с высотой травы более 0.5 м. Земная поверхность принимается шероховатой. На пути распространения – дождь, радиальной протяженностью 2 км и интенсивностью  $J=0,15$  мм/ч.

Графическая интерпретация решения полученного трансцендентного уравнения методом итераций отображена на рисунках 1 и 2, на которых по оси абсцисс отложено расстояние в метрах, а по оси ординат разность правой и левой частей уравнения при фиксированных значениях дальности, измеряемой в метрах.

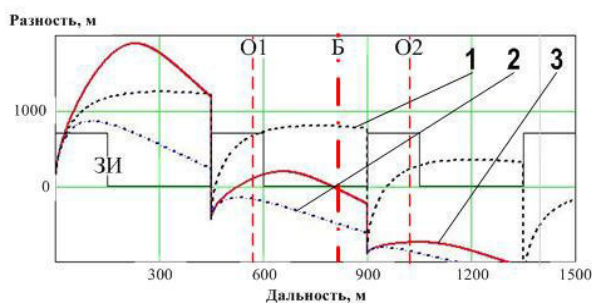


Рис. 1 – при  $B_{\Sigma} = 0,35$  дБ/км

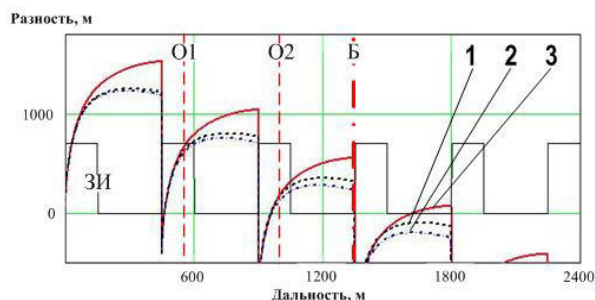


Рис. 2 – при  $V_{\Sigma} = 17,2$  дБ/км

Максимальная дальность действия при расчете по методике [3] соответствует вертикальным линиям O1 и O2, при этом дальность зависит только от границ области гидrometeorов. Результаты расчета по методике [3] представлены кривой 1, а (1345 м), по методике [1] - 1345 м (кривая 2, а), по предложенной методике - 1800 м (кривая 3, а). В интервалах однозначности вершина кривых наклонена в сторону от РЛС (рисунок 1). Это объясняется тем, что чем цель ближе к началу очередного интервала однозначности, тем более мощные МО из ближайшего к РЛС интервала ее маскируют. При малых затуханиях расчеты по методикам [1], [2], [3] и предложенная показывают одинаковый результат. Это объясняется тем, что при малых затуханиях уменьшение мощности МО за счет затухания «компенсируется» аналогичным затуханием сигнала. При увеличении интенсивности осадков до 3 мм/ч, либо увеличении радиальной протяженности области осадков до 15 км (затухание больше 15 дБ/км), характер зависимости существенно меняется - вершина кривой отодвигается в сторону РЛС (рисунок 2) вследствие того что, затухание сигнала значительно больше затухания МО из ближайшего интервала однозначности. По методике [3] дальность равняется 793 м, по [2] – 470 м, методика [1] инвариантна к затуханию и дает результат 1345 м. Таким образом, в зависимости от величины затухания, учет ослабления мощности отраженного сигнала и МО уменьшает погрешность расчета дальности действия более чем на 20 процентов в зависимости от условий.

Проведены расчеты дальности действия РЛС по предложенной методике и методике [6] для различных несущих частот, длительностей импульса и скважностей сигнала.

### III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В [6] обобщены теоретические данные и практические исследования, посвященные вопросам дальности действия РЛС, однако затухание ЭМВ вычисляется на всей трассе распространения вплоть до начала элемента дальности цели, а от его начала до самой цели - не учитывается. Это приводит к погрешности расчета дальности действия РЛС. Получено трансцендентное уравнение, корень которого определяет дальность действия наземных квазинепрерывных, импульсных и непрерывных РЛС с длиной волны менее 3 см на фоне совокупности активных и пассивных маскирующих помех с учетом ослабления в атмосфере.

Принципиальное отличие предложенной методики от методики [6] заключается в учете затухания внутри импульсного объема цели. При этом увеличивается количество математических операций, однако это необходимая мера при расчете дальности действия РЛС со скважностью более 5, длительностью импульса более 10 мкс, рабочих частотах от 50 до 70 ГГц и более 120 ГГц, которым свойственны затухания в атмосфере более 1 дБ/км, потому как методика [6] приводит к погрешностям вычисления дальности действия РЛС более чем на 33 процента.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Радиоэлектронные системы: Основы построения и теория. Справочник. Изд. 2-е, перераб. и доп./ Под ред. Я. Д. Ширмана.-М.: Радиотехника, 2007.-512 с.
2. Горшков С. А., Оргиш П. И., Буйлов Е. Н. и др. // Уточненная методика расчета дальности действия импульсных РЛС на фоне маскирующих помех // Прикладная радиоэлектроника.-2014.Т.13, №1-С.3-9
3. Охрименко А. Е. Теоретические основы радиолокации и РЭБ. Часть I.-М.: Воениздат, 1983.-456 с.
4. Справочник по радиолокации. Под ред. М. Скольника. Нью-Йорк, 1970. Пер. с англ. (в четырех томах) под общей ред. К. Н. Трофимова. Том 1. Осн. радиолокации. Под ред. Я. С. Ицхоки. М., «Сов.радио», 1976.-456 с.
5. Barton David K. Radar system analysis and modeling. - Boston, London: Artech House, 2005.-545 с.
6. Barton David K. Radar Equations for Modern Radar/- Boston, London: Artech House, 2013.-428 с.
7. Справочник по радиолокации/Под ред.М. Скольника.Пер.с англ.под общей ред. В. С. Вербы. В 2 книгах. Книга. Москва, Техносфера, 2014.-672 с.