

Модели сигналов, отраженных от элементов рельефа местности, при двухпозиционной радиолокации

Денисов В. П., Мещеряков А. А., Крутиков М. В., Полянских П. А.
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
г.Томск, 634050, пр. Ленина, 40, Российская Федерация
dvp15@sibmail.com

Аннотация: предлагаются модели сигналов импульсной РЛС, отраженных от элементов рельефа местности, по результатам радиофизического эксперимента.

1. Введение

Доклад подготовлен по результатам экспериментальных исследований распространения радиоволн сантиметрового диапазона на наземных трассах [1]. В ходе экспериментов выяснилось, что имеется возможность определять координаты РЛС из одного приемного пункта, используя отражения излученных ею сигналов от множества элементов рельефа местности. Алгоритм определения положения РЛС основан на сравнении координат возможных отражателей на карте местности с координатами, вычисленными по измеренным пеленгам источников отражений и задержек отраженных сигналов относительно прямого. Цель доклада – оценить возможные погрешности определения координат отражателей, связанные с характером отражений.

2. Результаты эксперимента

Экспериментальная установка состояла из трехсантиметровой импульсной РЛС, работающей в сканирующем режим, и удаленного приемного пункта. Приемный пункт – моноимпульсный двухбазовый фазовый пеленгатор, имеющий неподвижные антенны с шириной ДНА 36 градусов в горизонтальной плоскости, дополненный цифровым устройством регистрации прямых сигналов РЛС и следующих за ним отражений во временном окне длительностью до 10 мкс. На рис. 1 показан фрагмент карты местности, на который нанесены координаты отражателей, вычисленные по измеренным пеленгам и задержкам. Отражатели показаны белыми точками. Видно, что они представляют собой точечные или распределенные объекты. Выделим три типа отражающих объектов, вероятность присутствия которых на трассе велика.

1. Точечные отражатели – отражатели, размеры которых меньше элемента разрешения измерительной установки. Измерительная установка обладает разрешением только по дальности, равным $ст_n$. Принимаемый отраженный сигнал по форме совпадает с зондирующим, существенных погрешностей определения его положения по пеленгу и задержке, связанных с характером отражения нет.

2. Множественные отражатели. К отражателям этого типа мы относим группы деревьев, кустарников, искусственных сооружений и других объектов, имеющих совокупный размер порядка элемента разрешения $ст_n$, полностью облучаемых зондирующим сигналом РЛС и отображаемых на карте местности в виде точек. Принятые сигналы являются суперпозицией отражений от множества «светящихся точек», находящихся в случайных фазовых соотношениях. В результате флуктуирует амплитуда принимаемого сигнала, искажается его форма, флуктуирует кажущийся центр излучения. Пример реализации отражений от множественной цели дан на рис. 2.

Оценка по методике монографии [2] дает в худшем случае вероятность выхода кажущегося центра излучения за пределы контура множественного отражателя 0,138.

3. Кромки лесных массивов и кустарников. Кромки лесных массивов (кустарников) можно рассматривать как вертикальную (в общем случае изогнутую) поверхность, от которой происходят отражения в горизонтальной плоскости. Представим отраженные сигналы в виде следующей модели:

$$s_{\text{отр}}(t) = \sum_{i=1}^N k_i s(t - \tau_i) + \sum_{i=N+1}^M k_i s(t - \tau_i) + \sum_{i=M+1}^L k_i s(t - \tau_i) + n(t), \quad (1)$$

где k_i и τ_i – случайные амплитудные коэффициенты и временные задержки парциальных сигналов.

В зависимости от их значений формула позволяет представлять принимаемые сигналы в виде отдельных импульсов, подобных изображенным на рис. 2, либо одного длинного импульса. В рассматриваемой ситуации применим тот же подход к определению статистических характеристик положения «кажущегося центра отражения», что и при рассмотрении «множественных отражателей».

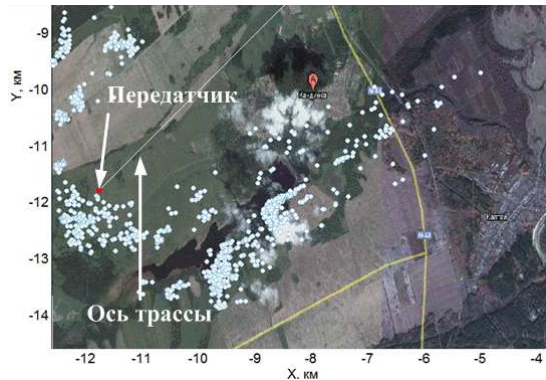


Рис. 1. Вычисленное местоположение отражателей



Рис. 2. Пример реализации отражений от множественной цели

3. Выводы

Измеряемые координаты источников отражений могут отличаться от действительных в силу множественности отражений. Если принимаются сигналы от одного «множественного отражателя», вероятность выхода «кажущегося центра отражения» за пределы наблюдаемого объекта невелика. Если же принимаемые сигналы являются суперпозицией отражений от двух объектов, то в результате измерений может индифицироваться не существующий объект.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ, проект № FEWM-2020-0039.

Список литературы

1. Денисов В.П. Пространственно-временные искажения сантиметровых радиосигналов на наземных трассах распространения и их влияние на точность пассивных систем местопределения: моногр. / В.П. Денисов [и др.]; под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. В.П. Денисова // Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2014, 502 с.
2. Островитянов Р.В. Статистическая теория радиолокации протяженных целей / Р.В. Островитянов, Ф.А. Басалов // М.: Радио и связь, 1982, 232 с.