

ПРИМЕНЕНИЕ СПУТНИКОВЫХ РАДИОНАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ТРОПОСФЕРНЫХ СТАНЦИЯХ СВЯЗИ

Руф Р.А.,

научный руководитель канд. техн. наук, доц. Сушкин И.Н.

Сибирский Федеральный университет

Тропосферная радиоволна распространяется между точками земной поверхности по траектории, лежащей в тропосфере. Энергия тропосферной радиоволны короче 100 см рассеивается на неоднородностях тропосферы. При этом часть энергии попадает на приемную антенну радиорелейной станции (РРС), расположенной за пределами прямой видимости на расстоянии 250...350 км. Цепочка таких РРС образует тропосферную радиорелейную линию (ТРЛ) (рис. 1). На любой РРС устанавливают антенны, приемно-передающую аппаратуру и вспомогательные устройства (аппаратуру телеобслуживания, служебной связи, гарантированного электропитания и др.). Комплекс аппаратуры, обеспечивающий нормальную работу РРЛ (или ТРЛ), называют радиорелейной системой.

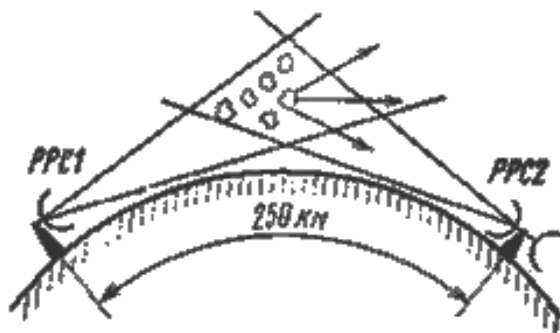


Рисунок 1 – К пояснению принципа работы ТРЛ

Механизм проведения дальнего распространения радиоволн на УКВ может быть обусловлен многими факторами. Наиболее часто возможно дальнейшее прохождение с рассеянием радиоволн на неоднородностях тропосферы. Регулярная дальняя связь с использованием рассеяния волн на неоднородностях тропосферы требует высокого энергетического потенциала радиостанций. В любительских условиях при ограниченных размерах антенн и мощности передатчиков регулярная дальняя связь возможна при усилении антенны 10-16 дБ и мощности передатчика 10 Вт на расстояниях до 300-500 км. Сила сигналов невелика и они имеют характерные временные замирания (фединги). Наиболее удачное время для таких тропосферных связей - время после захода солнца. При повышении энергетического потенциала станций радиус подобных связей возрастает до 600-800 км. В летний период на 2 метровом диапазоне учащается возникновение положительной рефракции. Наиболее часто оно наблюдается в утренние часы, возникая в ясную погоду, после прохладной ночи, при высоком атмосферном давлении, через 20-30 мин после восхода солнца и продолжаясь, порой, до нескольких часов. Сила сигналов существенно выше (на 10-20 дБ), чем при тропосферном рассеянии. Летом, а особенно осенью, возникает канальное тропосферное прохождение. Характерными признаками являются высокое атмосферное давление, начинающее понижаться, наличие атмосферных фронтов. Данное

прохождение позволяет проводить связи на расстояния до 1000-2000 км при умеренной мощности, порядка 100 Вт, и антенне с усилением 10-15 дБ.

С помощью глобальной навигационной спутниковой системы получают информацию о местоположении объектов на Земле. Их координаты и скорость движения. Это основная задача навигационных систем. Наряду с получением координат объектов, можно выделить косвенную информацию.

В настоящее время тропосферная связь используется не достаточно эффективно, поскольку излучение сигнала предающей антенной производится «вслепую», т.е. во время излучения нет представления о распределении индекса преломления в тропосфере в данный момент.

Целью данной работы является, разработка алгоритма и программного обеспечения, позволяющая по сигналам спутниковых радионавигационных систем GPS и ГЛОНАСС повысить качество дальней тропосферной связи, при минимальных значениях мощности передатчика и минимальном частотном диапазоне.

В настоящее время в НПП «Радиосвязь» выпускаются тропосферные станции связи, на которых устанавливается навигационная аппаратура потребителя, задачей которой является координатная привязка и угловое ориентирование. Поэтому идеей моей работы является, расширение функциональных назначений навигационной аппаратуры потребителя, для повышения качества дальней тропосферой связи.

Навигационная аппаратура потребителя, установленная на тропосферных станциях, принимает сигналы от всех радионавигационных систем ГЛОНАСС и GPS, находящихся в зоне видимости, из которых посредством программного обеспечения извлекаются сведения о координатах космических аппаратов, координатах приемной стороны, псевдодальностях, доплеровском сдвиге частоты.

Поскольку орбита движения спутников значительно выше, чем наиболее чувствительный слой тропосферы, необходимо определить координаты точки пересечения трассы прохождения сигнала от космического аппарата до станции траекторных измерений со слоем тропосферы.

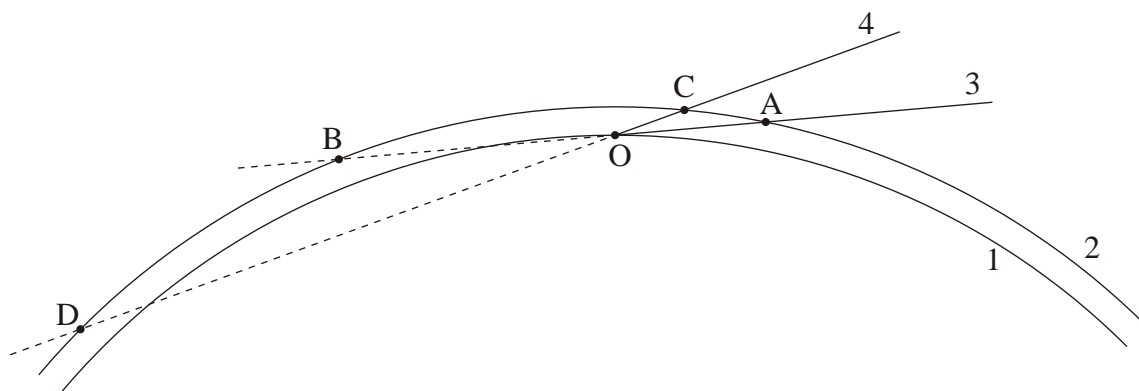


Рисунок 2 - Определение точки пересечения трассы прохождения сигнала от космического аппарата до станции траекторных измерений со слоем тропосферы;
1 – поверхность Земли; 2 – наиболее чувствительный слой тропосферы;

3 – трасса прохождения сигнала от НКА до СТИ, при угле места НКА $\alpha = 5^\circ$;

4 – трасса прохождения сигнала от НКА до СТИ, при угле места НКА $\alpha = 20^\circ$;

О – точка на поверхности Земли в которой расположена СТИ; А,С – точки пересечения трассы прохождения сигналов с тропосферой.

Для этого составим систему уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{x}_i = \frac{x * (y_{ci} - y) + (\bar{y}_i - y) * (x_{ci} - x)}{y_{ci} - y} \\ \bar{y}_i = \frac{y * (z_{ci} - z) + (\bar{z}_i - z) * (y_{ci} - y)}{z_{ci} - z} \\ \sqrt{\bar{x}_i^2 + \bar{y}_i^2 + \bar{z}_i^2} = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} + 10000 \\ \sqrt{(\bar{x}_i - x)^2 + (\bar{y}_i - y)^2 + (\bar{z}_i - z)^2} \leq 20000 \end{array} \right. , \quad (1)$$

где: $\bar{x}_i, \bar{y}_i, \bar{z}_i$ – координаты точки пересечения трассы прохождения сигнала от космического аппарата до станции траекторных измерений с тропосферой;

x, y, z – координаты станции траекторных измерений;

x_{ci}, y_{ci}, z_{ci} – координаты i -го космического аппарата.

Решением, полученной системы уравнений, будут координаты $\bar{x}_i, \bar{y}_i, \bar{z}_i$ точки пересечения трассы прохождения сигнала от космического аппарата до станции траекторных измерений с тропосферой.

Имея координаты спутника на каждое измерение, а также псевдодалности до космических аппаратов, рассчитывается значение индекса преломления в тропосфере в области пересечения трассы прохождения сигнала с тропосферой.

Рассчитаем индекс преломления по формуле:

$$N = (n - 1)10^6, \quad (2)$$

где: n – коэффициент преломления, который считается по формуле:

$$R_m = - \frac{n}{\cos(\theta) \frac{dn}{dh}}, \quad (3)$$

где: R_m - радиус кривизны луча;

$\theta = \pi/2 - \gamma$ угол скольжения;

где: $\gamma = 1,435$ – угол падения луча на тропосферный слой;

$$\frac{dn}{dh} = 4 \cdot 10^{-8} \frac{1}{m}.$$

В ходе исследования разработано программное обеспечение, позволяющее по полученным данным построить карту распределения индекса преломления в тропосфере, при помощи которой можно повысить качество дальней тропосферной связи.